

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Bakalářská práce

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

**Chování dřevěných překližek v závislosti na teplotě a vlhkosti
vzduchu**
**The properties of plywood according to temperature and
humidity**

Student: Tomáš Kalus

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jana Daňková, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Kalus**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb

Téma: **Chování dřevěných překližek v závislosti na teplotě a vlhkosti vzduchu**
The properties of plywood according to temperature and humidity

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vyšetření vlivu prostředí na vybrané fyzikálně - mechanické vlastnosti překližky.
Předpokládané členění práce:

1. Úvod
2. Teoretická část: výroba a vlastnosti překližek, uplatnění překližek ve stavebnictví.
3. Experimentální část: laboratorní ověření změn vybraných fyzikálně - mechanických vlastností překližek, které jsou vyvolány změnami teploty a vlhkosti okolního vzduchu.
4. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- BOHM M. a kol. Materiály na bázi dřeva. Praha: ČZU, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6
- KRÁL P. a HRÁZSKÝ J. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Brno: MZLU, 2005. ISBN 80-7157-878-9.
- KRÁL P. a HRÁZSKÝ J. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály cvičení. Brno: MZLU, 2006. ISBN 80-7157-934-3.
- ČSN EN 310 Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Praha: ČNI, 1995. 8s.
- ČSN EN 322 Dosky z dřeva. Zisťovanie vlhkosti. Praha: ČNI, 1994. 7s.
- ČSN EN 323 Dosky z dřeva. Zisťovanie hustoty. Praha: ČNI, 1994. 7s.
- ČSN EN 636 Překližované desky - Požadavky. Praha: ÚNMZ, 2013. 17s.
- ČSN EN 789 Dřevěné konstrukce - Zkušební metody - Stanovení mechanických vlastností desek na bázi dřeva. Praha: ČNI, 2005. 31s.
- a další odborná literatura a normy dle pokynů vedoucího práce v průběhu řešení.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

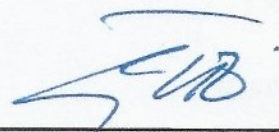
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Daňková, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 02.05.2016



Ing. Libor Židek
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Ve Lhotce26.4.2016.....


..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, же Высoкá школа ба́нская – Техни́кая универзита Ostrava (да́ле же́н VŠB – TUO) ма́ пра́во невýдѣлечнѣ́ кe své́ внут́рні́ потре́бѣ́ бакала́рskou пра́ці́ у́жít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užití díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnutí licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же́ оdevздáні́м své́ пра́це́ souhlasím se zveřejně́ні́м své́ пра́це́ podlé zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně́ a doplně́ní dalších zákonů́ (zákon o vysokých školách), ve zně́ní pozdě́jších předpisů́, bez ohledu na výsledek její́ obhajoby.

Ve Lhotce 26. 4. 2016

..... 

podpis studenta

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Janě Daňkové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a cenné rady, které mi při psaní pomohly. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům Laboratoře stavebních hmot VŠB-TUO za pomoc při provádění laboratorních zkoušek. Mé díky patří i Laboratoři tepelných vlastností, reologie a koroze stavebních materiálů za bezplatné užívání klimatické komory.

Bakalářská práce vznikla za podpory projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin - Projekt udržitelnosti LO1406. Projekt je podporován Národním programem udržitelnosti financovaném ze státního rozpočtu ČR.

Anotace

Překližky spadají do rozsáhlé kategorie materiálů na bázi dřeva. Vznikají vzájemným slepením tenkých velkoplošných listů dřeva (dýh), přičemž směr vláken sousedních dýh musí být na sebe kolmý. Pro své výborné vlastnosti nacházejí širokou škálu uplatnění ve stavebnictví. V experimentální části práce je zkoumána míra ovlivnění mechanicko-fyzikálních vlastností překližky vlhkým prostředím a změnami teplot. Je zde simulováno prostředí, ve kterém je překližka použita jako bednicí plocha systémového bednění. Vybrané vlastnosti překližek se ověřovaly dle ČSN norem. V závěru práce jsou naměřené hodnoty porovnány s výsledky zkoušení neovlivněných těles.

Klíčová slova

Překližka, dýha, hustota, pevnost v tahu, pevnost v ohybu, modul pružnosti

Annotation

Plywood belongs to the large categories of materials based on wood. They are formed by mutual bonding of large thin sheets of wood where the fibres directions of neighbouring veneers must be perpendicular. They are used for a broad range of use in building industry. The experimental part of my work is focused on the changing ratio of mechanical and physical properties of plywood by moist environment and temperature changes. There is a simulated environment, where plywood is used as a formwork surface. The selected properties of plywood were verified according to Czech Technical Standards (ČSN). At the end of my work the measured values are compared with the results of testing of uninfluenced specimens.

Key words

Plywood, veneer, density, tensile strength, bending strength, modulus of elasticity

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	10
1. Úvod.....	12
2. Překližované kompozitní materiály.....	14
2.1 Překližky	14
2.1.1 Vrstvené lisované dřevo (LVL).....	15
2.2 Jádrové desky.....	17
2.2.1 Laťovky	17
2.3 Složené desky	18
2.3.1 Voštinové desky	18
3. Výroba a vlastnosti překližek.....	19
3.1 Výroba dýhy	19
3.1.1 Těžba dřevní suroviny	19
3.1.2 Skladování kulatiny	20
3.1.3 Tepelná úprava před loupáním dýh	20
3.1.4 Odkorňování a zkracování kulatiny.....	21
3.1.5 Výroba konstrukčních dýh loupáním	21
3.1.6 Sušení dýh	22
3.1.7 Úprava hran a sesazování dýh	22
3.1.8 Oprava dýh	23
3.2 Vlastní výroba překližek.....	24
3.2.1 Příprava lepicí směsi.....	24
3.2.2 Nanášení lepicí směsi a skládání souborů	25
3.2.3 Předlisování	26
3.2.4 Lisování	26
3.2.5 Dokončovací práce	27
3.3 Vlastnosti překližek	27

3.3.1	Fyzikální vlastnosti překližek.....	28
3.3.2	Biologické vlastnosti	28
3.3.3	Mechanické vlastnosti	29
3.3.4	Vliv teploty na dřevo	30
3.3.5	Vliv vlhkosti na dřevo	30
3.4	Zvyšování odolnosti překližek proti vlhkosti	31
3.4.1	Tepelná úprava	31
3.4.2	Použití voděodolných lepidel	33
3.4.3	Fólie a povrchové úpravy	33
3.5	Zvyšování odolnosti překližek proti ohni	33
3.5.1	Úprava vlastního konstrukčního materiálu.....	33
3.5.2	Úprava lepidel a povrchových fólií	33
4.	Uplatnění překližek ve stavebnictví	35
4.1	Betonářské bednění z překližek	35
4.2	Použití překližovaných desek v dřevostavbách	36
5.	Experimentální část.....	39
5.1	Ovlivňování vzorků v cementové suspenzi	40
5.1.1	Sledování vad na zkušebních tělesech po klimatizaci	41
5.2	Zjišťování hustoty	42
5.2.1	Postup zkoušky	42
5.2.2	Vyjádření výsledků.....	44
5.2.3	Výsledky zkoušky	44
5.3	Zjišťování pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu	44
5.3.1	Postup zkoušky.....	45
5.3.2	Vyjádření výsledků	47
5.3.3	Výsledky zkoušky	49
5.4	Zjišťování pevnosti v tahu a modulu pružnosti v tahu	51
5.4.1	Postup zkoušky	51

5.4.2 Vyjádření výsledků	54
5.4.3 Výsledky zkoušky	55
6. Vyhodnocení výsledků experimentu.....	57
6.1 Klasifikace překližovaných desek podle ohybových vlastností	57
6.2 Hustota	58
6.3 Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu.....	59
6.4 Pevnost v tahu a modul pružnosti v tahu	60
7. Závěr:	62
Seznam použitých zdrojů:	64
Technické normy.....	64
Bakalářská práce	64
Literatura	64
Internetové zdroje.....	65

Seznam použitého značení

A	průřezová plocha [mm ²]
a	průhyb [mm]
<i>apod.</i>	a podobně
b	šířka zkušebního tělesa [mm]
$\check{C}SN$	Česká technická norma
E	třída modulu pružnosti v ohybu
E_m	modul pružnosti v ohybu [N/mm ²]
EN	Evropská norma
E_t	modul pružnosti v tahu [N/mm ²]
F	zatížení [N] třída ohybového namáhání
f_m	pevnost v ohybu [N/mm ²]
F_{max}	maximální zatížení zkušebního tělesa [N]
f_t	pevnost v tahu [N/mm ²]
l_l	vzdálenost mezi středy podpěr [mm] délka měřicí základny [mm]
$L_{5\%}^q$	dolní 5% kvantil [N/mm ²]
m	hmotnost zkušebního tělesa [g]
n	počet vzorků [-]
<i>např.</i>	například
$s_{\bar{x}}$	směrodatná odchylka [N/mm ²]
t	tloušťka zkušebního tělesa [mm]
t_n	t jednostranně 5% normálně rozděleného výběru n desek [-]
u	deformace [mm]

\bar{x}	celkový průměr z naměřených hodnot [N/mm ²]
x_j	výsledky měření jednotlivých vzorků [N/mm ²]
ρ	hustota [kg/m ³]
0	index, ve směru vláken vrstvy překližované desky
90	index, kolmo na vlákna vnější překližované desky

1. Úvod

Překližky spadají do rozsáhlé kategorie materiálů na bázi dřeva. Vznikají vzájemným slepením tenkých velkoplošných listů dřeva (dýh), přičemž směr vláken sousedních dýh musí být na sebe kolmý. Oproti masivnímu dřevu mají překližky řadu výhod. Nejsou anizotropní a mají větší stabilitu při změnách vlhkosti. Jsou považovány za vysoce kvalitní materiál, i když jsou vyráběny převážně ze sortimentů nízké kvality z rychle rostoucích dřevin. Pro výrobu dýhy se mohou používat i malé průměry kulatin, které by pro výrobky z masivního dřeva nebyly přípustné. Díky použití fenolformaldehydových a melaminformaldehydových lepidel se překližky vykazují také vysokou odolností vůči vodě. K výše uvedeným výhodám si taky zachovávají prospěšné vlastnosti přírodního dřeva, jako je snadná opracovatelnost a nízká energetická náročnost. Dřevo má také vysokou mechanickou pevnost i přes nízkou hmotnost, s kterou souvisí také výhodné tepelně-izolační vlastnosti.

Mezi nevýhody dřeva, a proto také překližek, můžeme zařadit vysokou hořlavost a možnost napadení biotickými škůdci, což ale napravujeme použitím různých nátěrů či impregnačních přípravků nebo upravením vlastností použitých lepidel při výrobě.

Zkušební tělesa rozdělujeme na příčná a podélná. Povrchové dýhy podélných těles mají směr vláken rovnoběžný s delší stranou. U příčných těles jsou vlákna rovnoběžná s kratší stranou. Díky tomu mají podélná tělesa vždy více podélných dýh, a proto mají větší pevnost. Tak tomu je i u masivního dřeva, které má lepší vlastnosti v podélném směru vláken než v příčném směru vláken.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. Teoretická část se zabývá stručným rozdělením překližovaných desek a následně hlubším popisem výroby a vlastností samotných překližek a jejich uplatněním ve stavebnictví. Je zde kladen důraz na zvyšování odolnosti překližek proti vlhkosti a jejich použití jako bednicí plochy systémového bednění.

V experimentální části je zkoumána míra ovlivnění mechanicko-fyzikálních vlastností překližky vlhkým prostředím a změnami teplot. Je zde simulováno prostředí, ve kterém je překližka použita jako bednicí plocha systémového bednění. Na základě ČSN norem se zkoušela tělesa, nařezaná z překližované desky tloušťky 7 mm, složené z 5 na sebe kolmých vrstev dýh, která byla po dobu 28 dní ovlivňována zvýšenou teplotou a vlhkostí. Nejdříve byla na 24 hodin ponořena do cementové suspenze a poté byla po dobu 27 dní klimatizována v klimatické komoře. Po klimatizaci se na zkušebních tělesech zjišťovala hustota, pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu, pevnost v tahu a modul pružnosti v tahu.

V závěru práce jsou naměřené hodnoty porovnány s výsledky zkoušek, ve kterých se zkoušely stejné překližky, ovšem v normálním stavu bez ovlivnění zvýšenou vlhkostí a teplotou.

2. Překližované kompozitní materiály

Překližované desky spadají do rozsáhlé kategorie materiálů na bázi dřeva. Rostoucí spotřeba dřeva ve stavebnictví je podmětem k vývoji nových speciálních stavebních materiálů s optimálními mechanicko-fyzikálními vlastnostmi. Nově vznikající materiály mají předem určený způsob použití v konstrukcích a plně nahrazují konstrukce z masivního dřeva, ale i jiné materiály. Kromě překližovaných desek se výrazně uplatňují také desky z aglomerovaných materiálů, které jsou vyrobeny spojením drobných dřevěných částic, jak jsou vlákna nebo třísky, za pomoci lepidla a tlaku.

Překližované desky můžeme rozdělit podle různých hledisek. Podle konstrukce dělíme desky na tři základní typy: [11]

- Překližky – truhlářské, stavební, ohybové, letecké, desky z vrstveného lisovaného dřeva apod.
- Jádrové desky – laťovky, dýhovky
- Složené desky – voštinové desky, velitové desky

2.1 Překližky

Tyto materiály vznikají vzájemným slepením tenkých velkoplošných listů dřeva (dých), přičemž směr vláken sousedních dých musí být na sebe kolmý. Oproti masivnímu dřevu mají překližky řadu výhod. Nejsou anizotropní a je zde sníženo bobtnání a sesychání. Tyto vlastnosti zajišťují dobrou pevnost ve všech geometrických směrech plošného materiálu i při poměrně malých tloušťkách desky.

Překližky (obr. 1) se běžně vyrábějí v tloušťkách od 2 do 40 mm. Pro výrobu používáme měkčí a levnější dřeviny jako smrk, borovice, topol, bříza nebo olše. Cennější dřeviny se používají pro výrobu okrasných dých. V minulosti byly překližky lepeny kostním kličem, což není lepidlo vytvářející vodovzdorné lepené spoje. Počátkem padesátých let dvacátého století se začaly používat syntetická termoreaktivní lepidla, které mají výrazně vyšší odolnost proti působící vodě. Jedná se o fenolformaldehydová a melaminformaldehydová lepidla.

Překližky bez speciální úpravy proti vlhkosti nazýváme truhlářské překližky a používáme je pro výrobu sedáků a opěradla sedacího nábytku. Kvalitnější překližky jsou vodovzdorné a mají velké uplatnění ve stavebnictví. Používají se jako součást střešních vazníků a bednění střech, bednicí materiál při betonáži nebo pro různé druhy obalů.

Překližky s protiskluzovou ochranou se používají na lešeňové podlahy a na ložné plochy nákladních automobilů (více kapitola 4).

Podle funkce dále rozeznáváme překližky stavební, truhlářské, obalové, letecké, desky z vrstevnatého lisovaného dřeva apod.



Obr. 1: Překližky o různých tloušťkách [27]

2.1.1 Vrstvené lisované dřevo (LVL)

Vrstvené lisované dřevo je druhem překližky, vyrobený z většího počtu dýh, lisovaných při vysoké teplotě a vysokém tlaku s použitím syntetického lepidla. Používají se bukové nebo březové dýhy o tloušťce 1,2 mm, které impregnujeme fenol nebo krezol-formaldehydovými pryskyřicemi. Tento materiál dobře odolává povětrnostním podmínkám, účinkům neoxidujících kyselin, organických rozpouštědel a olejů a je určen zejména pro nosné účely.

Vrstvené lisované dřevo rozdělujeme do 4 základních skupin [12]:

Druh A - jednosměrný průběh vláken. Vlákná sousedních dýh se odchylují o úhel menší než 15° . Vysoká pevnost pouze v jednom směru.

Druh B - křížový průběh vláken. Materiál má vysokou pevnost ve dvou směrech.

Druh C - hvězdíkovitě křížený materiál. Vlákná sousedních dýh se kříží o úhel 45° . Materiál má vysokou pevnost ve 4 směrech.

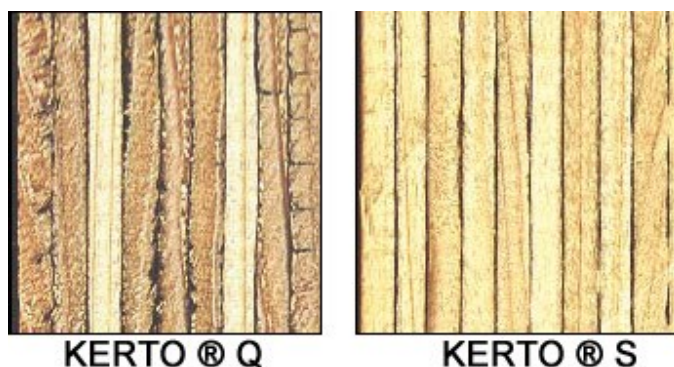
Druh D – vlákná sousedních dýh probíhají rovnoběžně, avšak určitý počet dýh je orientován tak, aby vlákna probíhala kolmo na základní směr. Materiál je pevný v jednom směru a odolný proti rozštípnutí ve směru kolmém na základní směr.

Vrstvené dřevo se prodává pod různými obchodními názvy, z nichž nejrozšířenější jsou tyto: [10]

Kerto S (obr. 3) - u tohoto provedení LVL mají všechny dýhy podélný směr vláken. Modul pružnosti v ohybu je u tohoto materiálu zhruba o 10 % vyšší než u dřeviny použité k výrobě.

Kerto T (obr. 3) – vyrábí se stejně jako Kerto S, ale jsou použity lehčí dýhy.

Kerto Q (obr. 3) - u tohoto provedení LVL je přibližně každá šestá dýha lepena příčně, ostatní dýhy jsou podélné (obr. 2). Používá se převážně pro střešní panely a prvky stěn.



Obr. 2: Rozdílné rozložení vrstev dýh překližek Kerto Q a Kerto S [30]



Obr. 3: Překližky Kerto [28]



Obr. 4: Nosníky TJI JOISTs [29]

Microllam LVL (obr. 5) - Jednotlivé dýhy o šířce 680 – 1370 mm a tloušťce 2,5 – 4,5 mm se nejprve vysuší na cca 8 % vlhkost a poté se sesadí. Po nanesení vodovzdorného lepidla se soubory dýh slisují tak, aby vlákna byla rovnoběžná s podélným směrem desky. Maximální formát má rozměry 1,2 x 20 m, tloušťka 18 – 90 mm. Je to ideální materiál pro podélné vazníky, krovky a základní nosníky různých dřevěných konstrukcí [26].

Nosníky TJI JOISTS – Výrobek (obr. 4) z dvou čel, které jsou vyrobeny z Microllamu LVL, a stojiny z OSB desky. Nosník vznikne tak, že čela se stojinou se slisují pod tlakem. K lepení se používá vodovzdorné lepidlo. Navzdory nízké hmotnosti mají mimořádně vysokou nosnost a rozměrovou stabilitou. Vykazují se také menšími průhyby při vysokých zátěžích. Jsou vhodné pro dřevostavby, pro konstrukce střech, podlah a pro zhotovování vaznic [26].



Obr. 5: Nosníky vyrobené z Microllam LVL [31]

2.2 Jádrové desky

2.2.1 Lat'ovky

Tento druh překližovaných desek je tvořen lat'kovým středem, který je z obou stran křížově přelepen loupanou dýhou (obr. 6). Lat'ovky mají podobné vlastnosti jako překližky. Mají velmi dobrou objemovou stálost a částečně eliminovaný anizotropní charakter. Příznivá je také vysoká pevnost zejména v ohybu ve směru orientace latěk. Navíc, jsou obvykle lehčí a levnější než překližky stejných tloušťek. Nejčastěji se vyrábějí v tloušťkách 16 a 19 mm ve formátu 122 x 244 cm jako třívrstvé, pětivrstvé, někdy i vícevrstvé desky. Podle fyzikálních a mechanických vlastností a podle druhu lepení rozlišujeme lat'ovky na vnitřní použití (IW 20) a vnější použití (EW 100) [11].

Pro výrobu lat'ovek používáme levnější dřeviny. Na střední lat'ky se používají nejčastěji jehličnaté dřeviny jako je smrk, jedle nebo borovice a na dýhy topol, bříza, buk či osika. Jednotlivé vrstvy jsou k sobě lepeny močovinoformaldehydovým, fenolformaldehydovým nebo jiným vhodným lepidlem. Vlastnosti lepidla musí vyhovovat předepsané kvalitě lepeného spoje a emisní třídě výrobku.

Běžně se používaly lat'ovky až do konce šedesátých let na hladké plošné dílce nábytku. Ty dnes ale nahrazujeme levnějšími dřevotřískovými nebo dřevovláknitými deskami.

V současnosti se laťovky používají zejména na některé namáhané dílce nábytku, speciální obaly a podlahy.



Obr. 6: Laťovka [32]

2.3 Složené desky

2.3.1 Voštinové desky

Tyto desky představují oboustranný deskový plášť nalepený na obvodový rám (obr. 7). Pro vrchní vrstvy se nejčastěji používají tenké vláknité desky. Vnitřní vzduchová dutina je z důvodů zpevnění desky vyplněna papírovou voštinou. Pro obvodový rám se používají masivní vlysy nebo hranoly z MDF.



Obr. 7: Voštinová deska [33]

3. Výroba a vlastnosti překližek

3.1 Výroba dýhy

Základní stavební jednotkou překližky je dýha. Dýha je tenký list nebo pás dřeva v tloušťkách od 0,2 do 5 mm. Vyrábí se z kvalitní dýhárenské kulatiny loupáním, krájením nebo řezáním. Pro velké ztráty při řezání dýh se od této technologie v současnosti již upustilo. Krájením jsou tvořeny okrasné dýhy, kterými se podýhovávají jiné materiály na bázi dřeva – dřevotřískové desky (DTD), dřevovláknité desky (DVD), spárovky a laťovky. Překližky se vyrábějí převážně z dýh loupáných, které jsou předurčeny ke konstrukčním účelům, proto se označují jako konstrukční dýhy. Na výrobu konstrukčních dýh se u nás používají zejména tyto dřeviny: buk, smrk, jedle, borovice, topol, bříza, olše, lípa a osika. Z tropických dřevin to jsou pak: ceiba, gabon (okoumé), limba, meranti a koto [10].

3.1.1 Těžba dřevní suroviny

Samotnému loupání dýhy však předchází mnoho kroků výroby počínajíc pěstováním a následnou těžbou suroviny. Nejvhodnější doba těžby je v zimě, protože v té době má míza málo cukrů a škrobů, a díky tomu jsou pokácené zdravé klády více odolné proti dřevokazným škůdcům. Navíc, promrzlá půda mnohem lépe odolává pneumatikám těžebních a odvozních strojů a způsobené škody jsou tak mnohem nižší, než by tomu bylo v letních měsících.

Po skácení jsou stromy zbavovány větví, čímž se získá dlouhé kmenové dříví, ze kterého se na skladě nebo později ve výrobním závodě vyrábí kratší dýhárenské výřezy [11]. Převoz kulatiny z lesů do skladů by měl proběhnout co nejdříve. Zabráni se tímto hnilobě a napadení různými druhy hub, jejichž výtrusy jsou přítomny ve vzduchu a na půdě lesa. Ani rychlý vývoz dřeva z lesa však nemusí znamenat, že se dřevo vyhne tomuto napadení. Výtrusy hub a plísně obsahuje totiž i kůra stromů nebo povrch dřeva. O tom, zda výtrusy na dřevě vyklíčí a dále vzrostou, rozhoduje vlhkost dřeva, obsah vzduchu ve dřevě a teplota vzduchu [11]. Řešení tohoto problému by bylo brzké odkornění kulatiny. Odkorněné dřevo ale mnohem rychleji vysychá, což vede k výskytu výsušných trhlin. Tímto problémem trpí veškerá kulatina, a to tím více, čím má dřevina vyšší hustotu a čím má větší průměr. Z hlavních dřevin nejvíce trpí výsušnými trhlinami buk, dub a modřín. Méně trpí měkké listnáče. Odkornění se proto provádí až před samotným loupáním kulatiny.

3.1.2 Skladování kulatiny

Skládka musí být umístěna na suché půdě pokryté škvárou. Kulatina se ukládá ve výšce 25 cm nad zemí. Je vhodné provést ochranu kulatiny postřikem, abychom zaručili kvalitní ochranu dřevní suroviny po dobu jedné sezóny. Při krátkodobé ochraně postačí nátěr čel kulatiny. Nátěry čel se provádějí i proti vzniku výsušných trhlin. Zejména v severských zemích se rozšířilo skladování dřevní hmoty pod vodou. Toto uskladnění udržuje vysokou vlhkost ve dřevě, což zabraňuje rozvoji dřevokazných hub a chrání dřevní hmotu i po dobu několik let. Doba skladování čerstvé kulatiny před jejím dalším zpracováním by měla být co nejkratší. Hlavní fázi sušení dřeva je žádoucí realizovat až po jeho prvotním zpracování – po pořezu, krájení či loupání [19].

3.1.3 Tepelná úprava před loupáním dýh

Při loupání dýhy vzniká na její vnější straně napětí. Čím je tloušťka dýhy větší, tím větší je taky napětí. Aby list dýhy zůstal rovný a nevracel se do původního stavu nebo nepraskal, je nutno snížit jeho tvrdost a zvýšit jeho plastičnost. To dosáhneme tím, že dřevo tzv. „změkčíme“ neboli plastifikujeme. Tvárnost a plastičnost dřeva ovlivňuje zejména vysoká pórovitost, vlhkost a teplota [11].

Tepelnou úpravu dřeva provádíme v určitých hranicích teploty a doby trvání. Čím má dřevo vyšší hustotu, tím vyšší teplotu potřebujeme pro jeho kvalitní plastifikaci. Jako příklad je uvedena přehledná tabulka (tab. 1) optimálních teplot pro některé druhy dřevin.

Tab. 1: Interval optimální teploty [11]

Dřevina	Hustota dřeva [kg/m ³]	Morath [11] [°C]	Sergovskij [15] [°C]
Dub, jasan, jilm	640 - 650	62 - 85	55 - 80
Buk	680	65 - 90	50 - 80
Borovice, modřín	490 - 520	42 - 70	45 - 75
Smrk	430	30 - 60	40 - 70

Plastifikaci lze provádět změkčováním ve vodě, ohříváním ve vodě, pářením anebo změkčováním elektrických proudem. Nejrozšířenějším způsobem je páření. Provádí se ve speciálních pařicích jámách nebo v autoklávech.

3.1.4 Odkorňování a zkracování kulatiny

Kůra obsahuje značný podíl nečistot, které by mohly poškodit ostří stroje, proto provádíme odkorňování výřezů pomocí rotorových, frézových či otloukacích odkorňovacích strojů. Odkorňování lze provádět také pomocí tryskových odkorňovačů nebo bez nástrojů, kdy se kůra odstraňuje otloukáním kmenů mezi sebou při jejich převalování. Důležité je také odstranění lýka, které může spolu s kůrou ucpat mezeru mezi nožem a tlačnou lištou.

Poslední činností před loupáním dýhy je zkracování kulatiny na výřezy, které odpovídají budoucímu formátu dýhy. Používají se k tomu kotoučové či řetězové zkracovací pily.

3.1.5 Výroba konstrukčních dých loupáním



Obr. 8: Loupací stroj vývojové řady DLA firmy STROZATECH s.r.o. [35]

Plastifikovaný a odkorněný výřez je v loupacím stroji upnut ve středu průměru pomocí unášecí rozety na jednom konci a upínacího trnu na druhém konci (obr. 8). Výřez se otáčí, zatímco se vozík s nožem a tlakovnicí přibližuje ke středu. Součástí loupacího stroje je poměrně složitá převodovka, která zajišťuje zrychlování otáčejícího se výřezu a současně rovnoměrný přísuv vozíku k loupnému výřezu pro výrobu dýhy konstantní tloušťky. Po loupání uprostřed zůstane zbytkový váleček průměru 80 – 120 mm [10].

Výhodou loupané dýhy je, že na loupacím stroji nevznikají jednotlivé listy jako při krájení nebo řezání, ale dlouhý pás, který se poté stříhá rovnoběžně se směrem vláken na potřebný formát. Nejčastější rozměr těchto materiálů bývá 1220 x 2440 mm. K přesným rozměrům hotové překližky se u vlhkých formátů loupných dých musí přidávat nadmíra na šířkové sesychání a na pozdější přesné formátování slepené překližky. Nadmíry na šířku a délku bývají většinou 70 – 100 mm, loupárenské výřezy se proto zkracují pro nejčastěji vyráběný formát překližek na délky asi 1300 a 2550 mm. Stříhání se může provádět, buď ihned v mokrému stavu, nebo až po vysušení [11].

3.1.6 *Sušení dýh*

Takto vytvořené dýhy mají vlhkost v rozmezí 30 až 150 %. Abychom předešli plísním, vzniku hub a kroucení, tak musíme dýhy vysušit na konečnou vlhkost 8 až 10 %. Vodovzdorné překližky musí mít konečnou vlhkost v rozmezí 4 až 6 %. Vlhkost se vyjadřuje v procentech a je vyjádřena poměrem hmotnosti vlhkosti (vody) obsažené ve dřevě a hmotnosti absolutně vysušeného dřeva. Kontrola vlhkosti se provádí, buď gravimetrickou metodou, nebo elektrickými vlhkoměry.

Vzhledem k tomu, že dřevo je anizotropní materiál a vlhkost není v ploše dýhy rovnoměrně rozdělena, tak v ní vzniká napětí, což může být doprovázeno vznikem trhlin a borcením dýhy [11].

Způsoby sušení dýhy: [11]

- **Přírozené sušení dýh** – probíhá při teplotách do 38 °C. Dýhy jsou kladeny vodorovně do regálů. Tímto způsobem lze dosáhnout vlhkosti dýh asi 15 %. V průmyslové výrobě se z důvodu náročnosti a nedostatečných parametrů přírozené sušení již nevyužívá.
- **Umělé sušení dýh**
 - Kontaktní sušárny – teplo je převáděno přímým dotykem horkých desek s listy dýhy
 - Konvenční sušárny – teplo přenáшено vzduchem
 - Kombinované sušárny – teplo přenáшено dotykem i vzduchem

Po vysušení procházejí dýhy chladicím zařízením a jsou ochlazovány na teplotu okolního prostředí. V sušárnách s žehlicím efektem dýha prochází chladicím polem mezi válci, které ji neustále během chlazení stlačují, a tak je lépe fixován hladký a rovný povrch. Dýhy jsou pak pružnější.

3.1.7 *Úprava hran a sesazování dýh*

Dýhy, které budou dále sesazeny s dalšími dýhami ve větší formáty, musejí mít před samotným sesazením provedenou úpravu hran. V praxi se provádí tato úprava zejména frézováním, stříháním nebo řezáním kotoučovými hranovacími pilami.

Sesazování provádíme buď ručně, nebo na sesazovacích strojích. Jako spojovací materiál se používá lepicí páska, lepidlo nebo tavné vlákno.

Při sesazování na stroji Finisher+Rückle (obr. 9) se listy dýh vkládají do zařízení příčně, kdy v jednom sesazovacím cyklu se za pomoci tepla a tlaku aktivuje nanesené lepidlo na hranách dýh a listy se tím spojují. Po dosažení potřebné šířky formátu se hotová sesazenka odloží na hydraulický stůl, který automaticky klesá s počtem vyrobených formátů [36].



Obr. 9: Sesazování dýh na stroji Fisher+Rückle firmy DAR-DÝHA, s.r.o. [36]

3.1.8 Oprava dýh

Cílem opravy dýh je odstranění přirozených vad a výrobních vad, které jsou nepřijatelné. Vady jsou vyseknuty raznicí a do otvoru je vsazena záplata odpovídajícího tvaru a velikosti raznice. Velikost záplaty musí být o 0,1 až 0,2 mm větší než otvor. Záplata se přichycuje lepicí páskou, nebo pomocí ručního převláčkovacího strojku.

Poté musí být dýhy uskladněny tak, aby byla zabezpečena ochrana proti nepříznivým povětrnostním podmínkám. Dýhy se uskladňují v regálech nebo na rovných podložkách ve výšce nejméně 10 cm od podlahy, aby byly chráněny před vlhkostí [11].

3.2 Vlastní výroba překližek

Překližky jsou desky slepené z několika vrstev dýhy. Počet vrstev by měl být vždy lichý a vlákna sousedních vrstev dýh by měly vždy svírat úhel 90°.

3.2.1 Příprava lepicí směsi

Přípravou lepicí směsi se rozumí úprava lepidla pro jeho aplikaci, která spočívá v rozpuštění, přidávání nastavovadel, plnidel, tvrdidel a jiných přísad. Správně provedený lepený spoj převyšuje za normálních podmínek smykovou pevnost dřeva. Lepidlo musí mít dostatečnou adhezi a kohezi. Adhezi rozumíme působení přitažlivých mezimolekulárních sil na rozhraní mezi lepidlem a povrchem lepeného materiálu. Koheze vyjadřuje vnitřní soudržnost lepidla. Při lepení platí důležitá zásada, že lepidlo musí dokonale smáčet lepený povrch. Lepené plochy musí být tedy rovné a musí k sobě těsně přiléhat.

Dnes používáme výhradně termoreaktivní lepidla, která mají výrazně vyšší odolnost proti působící vodě. Jedná se o fenolformaldehydová a melaminformaldehydová lepidla. Poskytují pružné a pevné lepené spoje odolné proti povětrnostním podmínkám a mikroorganismům. Nejrozšířenější jsou však močovinoformaldehydová lepidla, která jsou jen částečně odolná proti vodě, ale mají mnohem nižší cenu (tab. 2).

Tab. 2 – Vhodnost použití různých druhů lepidel pro lepení dýh [38,39]

Značka	Název	Barva	Teplota vytvrzování [°C]	Vodovzdornost	Cena
	Kostní klíč	světle hnědá	5 - 25	nevodovzdorné	relativně nízká
UF	Močovinoformaldehydové lepidlo	bezbarvá	10 - 130	částečně vodovzdorné	relativně nízká
PF	Fenolformaldehydové lepidlo	tmavá	130 - 150	vodovzdorné i proti vroucí vodě	2x vyšší než UF
MUF	Melaminformaldehydové lepidlo	bezbarvá	140	vodovzdorné	3x vyšší než UF

Močovinoformaldehydová lepidla – UF

UF lepidla jsou nejrozšířenějším druhem u dřevařských podniků. Prodávají ve formě prášku, lepidlových filmů a nejčastěji jako kapaliny. Jsou to dvousložková lepidla, která se tvrdí 15% roztokem chloridu amonného. Kvůli snížení nasákavosti se do MUF lepidel

přidávají plniva. Jsou to hlavně mouky a bramborový škrob. Lepená spára je bezbarvá a vytvrzování probíhá již při 10 °C. Nevýhodou je, že nevyplňuje větší spáry a uvolňuje se z něj formaldehyd. U nás běžné obchodní názvy: Diakol, Dukol-M, Umacol-C [39].

Fenolformaldehydová lepidla – PF

Tato lepidla jsou plně vodovzdorná, odolná proti stárnutí, povětrnostním vlivům a mikroorganismům. Vytvrzují za pomoci tvrdidla při teplotách v rozmezí 130 – 150 °C. Jako tvrdidlo se používá 50% roztok kyseliny paratoluensulfonové. Obsahují minimum karcinogenního formaldehydu. Na trhu jsou fenolová lepidla ve formě vodných i alkoholických roztoků nebo jako lepicí fólie. Kromě výroby překližek se tato lepidla používají ve stavebnictví tam, kde je odolnost ostatních lepidel vůči vodě malá – okna, lodní stavby. Jsou vhodná i pro dřevo s vyšší vlhkostí. U nás běžné obchodní názvy: Fenokol, Umaform, Umacol-B [38].

Melaminformaldehydová lepidla - MUF

MUF lepidla jsou vodovzdorná a vykazují vysoké pevnostní vlastnosti. Na rozdíl od PF lepidel vytvrzují bez tvrdidla. Vytvrzování při teplotách kolem 140 °C probíhá jen několik sekund, při teplotě 20 °C asi 1 hodinu. Obsahují minimum karcinogenního formaldehydu. Kvůli vysoké ceně se používají omezeně, jen na speciální účely [38].

3.2.2 Nanášení lepicí směsi a skládání souborů

Nejrozšířenějším způsobem nanášení lepidla je válcovými nanašečkami (obr. 10). Princip nanášení je založen na kontaktním přenesení lepidlové vrstvy z dvou otáčejících se válců na povrch mezi nimi se pohybující dýhy. Lepidlo se dá aplikovat na dýhy také poléváním, vytlačováním nebo rozprašováním.

Lepidlo může být nanášeno na obě strany každé sudé dýhy v překližce, nebo na jednu stranu každé dýhy s výjimkou vrchní dýhy ve skládaném souboru.

Skládáním souborů rozumíme složení jednotlivých listů překližky podle stanovených pravidel. Provádí se ručně nebo mechanicky pomocí vakuových či pásových překladačů [11].



Obr. 10: Válcová nanašečka lepidla Glue spreader GS-9 [37]



Obr. 11: Lis pro lisování za studena Cold press CP-500T [37]

3.2.3 Předlisování

Předlisováním překližek za studena rozumíme stlačení dýhových souborů téměř na konečnou tloušťku bez toho, že dojde ke konečnému vytvrzení lepidla (obr. 11). Provádí se zejména proto, abychom získali před samotným lisováním samonosné předlisky, s kterými je snazší manipulace, a tím umožníme automatizaci lisování a zkrátíme tím lisovací čas. Adheze lepidla a dřeva je dokonalejší.

Doba od nanesení lepidla po předlisování se pohybuje kolem 20 minut. Tlak předlisování se pohybuje od 0,97 do 1,37 MPa [11].

3.2.4 Lisování

Lisováním se dosahuje pevná fixace lepených povrchů do vytvrdnutí lepidla a vytvoření tenké vrstvičky lepidla ve spoji. Soubory dýh se lisují ve vyhřívaných lisech. Vyšší teplota výrazně zrychluje vytvrzení termoreaktivních lepidel. Základními parametry lisování jsou:

- **Doba vkládání do lisu** – Prodloužení této doby způsobuje předčasnou kondenzaci vrstvy lepidla ležící nejbližší horké lisovací desce.
- **Lisovací doba** – závisí na druhu dřeviny, počtu vrstev, tloušťce lepeného souboru, teplotě lisovacích desek, velikosti lisovacího tlaku a velikosti nánosu lepicí směsi.
- **Lisovací teplota** – se volí co největší. Při použití fenolformaldehydových a melaminformaldehydových lepidel se lisuje při teplotách 130 až 150 °C. Močovinoformaldehydová lepidla se při teplotě nad 140 °C rozkládají, proto překližky s jejich aplikací lisujeme při teplotách 105 až 130 °C.

- **Lisovací tlak** – je podíl měrného tlaku a velikosti plochy překližky. Překližky s větší hustotou, nerovností povrchů nebo větší viskozitou lepidla lisujeme při větším tlaku. Bukové překližky lisujeme tlakem 1,8 – 2 MPa. Lisovací tlak jehličnatých překližek je 1 – 1,3 MPa [11].

3.2.5 *Dokončovací práce*

Hotové překližky se mají alespoň 24 hodin klimatizovat na požadovanou vlhkost, poté se ořezávají na přesné normalizované formáty. Tmelem, záplatami nebo plastickými hmotami se vyspravují vady povrchu. Poté se překližky brousí na válcových nebo širokopásových bruskách s cílem zajistit hladký, rovný a čistý povrch a přesnou tloušťku.

Následné třídění se provádí podle jakosti lícové a rubové strany překližek a množství vad. Rozlišujeme vady výrobní a vady přirozené. K přirozeným vadám patří suky, trhliny, zbarvení, hniloba apod. Mezi výrobní vady zařazujeme zkroucení, vytrhaná dřevní vlákna z překližky, puchýře, velké otevřené trhliny, vytlačená místa, neslepená místa, rýhy, špatné formátování apod [11].

Vytříděné překližky se označí a pak se skladují v hraních do výšky 2 m. Uskladnění se provádí pomocí vysokozdvížných vozíků na paletách. Překližky se musejí skladovat ve vodorovné poloze, nesmí se stavět na hranu ani opírat.

Mezi významné tuzemské výrobce překližek patří firmy DYAS.EU, a.s., TON a.s., Wotan forest, a.s., Dřevovýroba Praděd s.r.o., KAPLAN, s.r.o. a mnoho dalších.

3.3 **Vlastnosti překližek**

Překližky pro stavební účely jsou obvykle vyráběny v tloušťkách od 15 do 40 mm v rozměrech 1,2 x 2,4 m. Jejich hlavní předností je odstranění anizotropního charakteru masivního dřeva. Tato skutečnost zajišťuje především dobré pevnosti ve všech směrech i u poměrně tenkého materiálu. Další předností překližek je omezení pracování dřeva při změně teploty a vlhkosti prostředí. Použitím vhodného lepidla je možno zajistit také vysokou odolnost lepených spojů. Odolnost proti vlhkosti můžeme ještě zvýšit povrchovými nátěry, nebo nalisováním (laminováním) papírové folie s voděvzdornou pryskyřicí.

Nepříznivými faktory u překližek jsou potřeba kvalitní vstupní suroviny a poměrně pracná výroba a z toho plynoucí vyšší cena. Při loupání dýhy může u některých tvrdých

dřevin docházet vlivem příčného ohýbání listu dýhy v loupacím stroji ke vzniku drobných trhlin, které se mohou projevit popraskáním nátěru až po konstrukci hotového výrobku. [18]

3.3.1 Fyzikální vlastnosti překližek

Hustota tvoří základ pro většinu mechanických vlastností. Je cca o 10 – 15 % větší než hustota masivního dřeva a klesá s rostoucí tloušťkou dýh nebo samotné překližky a roste s velikostí teploty a tlaku při stlačování. Vlhké a tenké dýhy se stlačují více, proto mají vyšší hustotu. Hustota lepidla je větší než hustota dřeva, proto mají překližky s větším počtem dýh vyšší hustotu. Zjišťuje se jako podíl hmotnosti a objemu zkušebního tělesa při ustálené teplotě a vlhkosti. Zjišťováním hustoty desek ze dřeva se zabývá norma ČSN EN 323 [3].

Vlhkost se zjišťuje stejně jako u rostlého dřeva pomocí různých typů elektrických vlhkoměrů nebo gravimetrickou (váhovou) metodou, kdy podstatou zkoušky je zjištění úbytku hmotnosti zkušebního tělesa po odpaření vody. Měření se provádí z důvodů zajištění potřebné jakosti výrobku a eliminace rizik biologického napadení.

Se zvyšováním vlhkosti dochází u překližek pouze k malým objemovým změnám (podélné bobtnání). Nebezpečné je nerovnoměrné rozložení vlhkosti v ploše překližky, kdy dochází k borcení a kroucení. Zjišťování vlhkosti desek ze dřeva se zabývá norma ČSN EN 322 [2].

Navlhavost a nasákavost překližek je z důvodu vyšší hustoty a obsahu lepidla nižší než u rostlého dřeva. Tyto vlastnosti ovlivňuje také teplota lisování. Čím je vyšší, tím vyšší je navlhavost i nasákavost [10]. Vodovzdorné překližky by se proto měly lisovat při menších teplotách.

3.3.2 Biologické vlastnosti

Kvalita překližovaných desek je mimo jiné určována i obsahem uvolňovaného formaldehydu. Formaldehyd je přísada téměř všech lepidel, která se používají k výrobě překližek. Za normálních podmínek se jedná o bezbarvý plyn s pronikavým zápachem. Mezinárodní organizace pro výzkum rakoviny hodnotí formaldehyd jako „pravděpodobně karcinogenní pro lidi.“ Formaldehyd dráždí oči a vyvolává slzení. Vyšší koncentrace mohou vyvolat zákal rohovky nebo i ztrátu zraku [10]. Pro zjištění obsahu formaldehydu se v ČR používají hlavně perforátorová metoda, metoda plynové analýzy nebo komorová metoda. Pro použití ve stavebnictví platí ČSN EN 13986+A1 [8].

3.3.3 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti překližek závisí zejména na druhu dřeviny, hustotě dřeva, vlhkosti, druhu použitého lepidla, konstrukci překližky a vadách dřeva.

Mezi nejvýznamnější mechanické vlastnosti se zařazují **modul pružnosti v ohybu a pevnost v ohybu**. Modul pružnosti vyjadřuje vnitřní odpor materiálu vůči pružné deformaci. Čím je modul pružnosti větší, tím větší napětí je potřebné pro vyvolání deformací. Modul pružnosti v ohybu se stanovuje podle normy ČSN EN 310 [1].

Princip zkoušky spočívá v zatěžování zkušebních těles v jejich středu při uložení na dvou podpěrách. Výsledný modul pružnosti se vypočítá z lineární části zatěžovací křivky. Vypočtená hodnota je však pouze zdánlivý, nikoliv skutečný modul, protože zkušební metoda zahrnuje kromě ohybu také smyk. Hodnoty pevnosti ovlivňuje velmi významně směr vláken, respektive jejich odklon od podélné osy tělesa. Čím větší je odklon vláken od podélné osy tělesa, tím je pevnost v ohybu nižší. Při odklonu vláken o 45° dojde k poklesu meze pevnosti v ohybu až o 20 % [13].

Mezi další mechanické vlastnosti patří pevnost v tlaku, tahu a smyku, pevnost lepené spáry, odolnost proti protlačení a odpor proti protažení hlavičky hřebíku.

Všechny materiály na bázi dřeva mají vydanou normu, která blíže specifikuje jednotlivé požadavky. Pro požadavky překližovaných desek platí norma ČSN EN 636 [5]. Značení desek pro stavební účely se provádí podle normy ČSN EN 13986+A1 [8]. Prohlášení o vlastnostech musí obsahovat minimálně následující údaje: [10]

- Označení CE = označení výrobků, pro které výrobce vypracoval prohlášení o vlastnostech
- identifikační značka výrobce
- číslo normy požadavků EN 13986+A1
- typ desky
- jmenovitá tloušťka
- formaldehydová třída
- reakce na oheň
- PCP (pentachlorfenol) je-li větší než 5 ppm
- ochrana před biologickým napadením

3.3.4 Vliv teploty na dřevo

Při působení tepla na jakýkoliv materiál dochází ke změně jeho tvarů a objemu. U dřeva je však tepelná roztažnost materiálu tak minimální, že ji lze pominout. Při zvýšení teploty totiž dřevo ztrácí vlhkost a sesychá, proto nezvětšuje svůj objem jako jiné materiály.

Teplota má však vliv na vlhkost prostředí a ta se již ve dřevě projevuje velmi výrazně. Zároveň se změnami teploty je velmi důležité kontrolovat a případně upravovat vlhkost.

Teplota však může působit ještě jiným způsobem. Na povrchu dřeva i na povrchových úpravách na dřevě se usazují různé chemické sloučeniny z okolí nebo i ze vzduchu. A právě teplota může ovlivnit působení těchto činitelů. Jestliže se teplota zvýší, degradace chemickými činiteli se zrychluje [18].

Kolísání teploty má také vliv na působení biologických škůdců. Zvyšující se teplota urychluje jejich působení. Hlavní skupiny dřevokazného hmyzu se dělí na brouky a termity. Brouci za svého života procházejí proměnou. Dospělý létající hmyz klade do dřeva vajíčka, ze kterých se vylíhnou larvy. Ty jsou nejnebezpečnější, protože se živí dřevní hmotou a vyhlodávají tak chodbičky, čímž způsobují výrazné poškození dřeva, které může vést až k destrukci prvku. Vývojový cyklus je zakončen zakuklením larvy a odletem dospělého brouka. Právě změna teploty je pro larvy určující signál, kdy „postoupit“ do dalšího vývojového stadia. Znaky o tomto degradačním ději jsou obtížně identifikovatelné. V noci za ticha můžeme slyšet „chroupání“ při aktivitě larvy. Jiným ukazatelem jsou otvory ve dřevě po odletu brouka. Jedním ze škůdců je tesařík, který je zdaleka největším škůdcem v oblasti dřevěných konstrukcí. Brouci ve většině případů napadají pouze suché dřevo [17]. Velice obtížně se provádí dokonalá likvidace tohoto hmyzu. V současné době se poměrně dobře osvědčil postup, který je znám pod pojmem termosanace. Tato metoda spočívá v prohřívání konstrukcí teplým vzduchem. Při teplotách nad 80°C dochází k úhynu brouků i larev.

3.3.5 Vliv vlhkosti na dřevo

Jednou z hlavních fyzikálních vlastností dřeva je vlhkost. Závisí na ní hodně dalších vlastností dřeva, proto by při určování jejich hodnot neměl chybět údaj o vlhkosti. Vlhkostí dřeva rozumíme podíl obsahu vody v něm. Podíl ostatních složek dřeva označujeme souhrnným názvem sušina. Dřevo je hyroskopický materiál, a proto má tendenci uchovávat svoji vlhkost v rovnovážně poloze v závislosti na vlhkosti a teplotě okolního prostředí. Protože uvedené vlastnosti okolí jsou proměnné, mění se i vlhkost dřeva. Ztrácí-li dřevo

vlhkost, tak sesychá (zmenšuje své rozměry). V případě, že dřevo navlhá, absorbuje do sebe vlhkost ze svého okolí a bobtná (své rozměry zvětšuje). Střídavému sesychání a bobtnání se říká pracování dřeva [18].

Suché dřevo je výborný tepelný izolant. S rostoucí vlhkostí se ale izolační vlastnosti dřeva výrazně zhoršují. Vzorek smrkového dřeva, který má vlhkost 10 % a tloušťku 8 cm, má stejnou tepelnou vodivost jako 67 cm tlustá cihelná zeď. Při zvýšení vlhkosti na 25 % má stejný vzorek tepelnou vodivost o polovinu větší. Při vlhkosti 50 % je tepelná vodivost více než dvojnásobná [18].

S vlhkostí velice úzce souvisí hustota. Větší vlhkost zvětšuje hustotu dřeva. Při extrémně nepříznivých podmínkách se může hmotnost navržené konstrukce ze dřeva v důsledku navlhání zvýšit mnohonásobně.

Vysoká vlhkost (minimálně 20 %) je nebezpečná pro vznik dřevokazných hub. V případě, kdy houby dřevo poškozují a přeměňují jeho strukturu, mluvíme nejčastěji o hnilobě. Dochází tedy ke změně mechanických vlastností, úbytku hmoty a změně struktury tak, že vlákna (hyfy) hub, která prostupují dřevní hmotou, vylučují látky rozkládající dřevní složky. Houby můžeme dělit na celulózovorní, které působí na celulózu a na lignovorní rozkládající lignin. Obvykle nelze houbu přesně určit bez analýzy DNA. Nejběžnější houbou je dřevomorka domácí, která se vyskytuje ve dřevě téměř vždy a je velmi obtížné se této houbou nadobro zbavit. Na povrchu dřeva se obvykle vyznačuje bílými výkvěty, v některých případech i velkými výrůstky [17].

3.4 Zvyšování odolnosti překližek proti vlhkosti

Výrobce překližovaných materiálů neustále vyvíjejí technologické postupy, které by zvyšovaly odolnost proti vlhkosti a tloušťkovou stabilitu překližovaných desek. Tyto postupy zároveň musí dbát na zachování dobrých mechanických vlastností. Vhodné je využití působení tepla při lisování nebo po lisování. Vodovzdornou ochranu také dosáhneme použitím některého z voděodolných lepidel (viz. tab. č. 2). Lze aplikovat také různé druhy fólií nebo speciální povrchové úpravy.

3.4.1 Tepelná úprava

Tepelnou úpravou dřeva je dosahováno větší rozměrové stability a trvanlivosti dřeva. Také se podstatně mění rovnovážná vlhkost dřeva. Při této úpravě dochází ke změně buněčné struktury a dřevo je tak v běžných venkovních podmínkách mnohem stabilnější než

neupravené dřevo. Čím vyšší teplota, tím má dané dřevo lepší vlastnosti z hlediska rozměrové stability. Problém je, že spolu se zvyšující teplotou klesá pevnost dřeva. Z tohoto důvodu probíhá tepelná modifikace v intervalu od 150 °C do 280 °C, což je teplota, která má vliv na odolnost dřeva, ale neovlivní zásadním způsobem jeho pevnost. Tepelná úprava rovněž ovlivní barvu materiálu. Výsledná barva je poněkud tmavší v porovnání s dřevinami neupravenými.

Zvýšená teplota způsobuje změnu chemických látek, které dřevo utváří. Mezi tyto chemické látky patří lignin, celulóza, hemicelulóza a další doprovodné složky v různém množství podle druhu dřeviny. Právě doprovodné složky potřebují k chemické změně nejnižší teplotu, a tak jsou ze dřeva odstraněny téměř všechny [22].

Hemicelulózy podléhají termickému rozkladu v teplotním intervalu 170 – 240 °C. Celulózy degradují od 250 °C a aktivní rozklad ligninu probíhá při teplotách 300 – 400 °C [22]. Tyto hodnoty jsou platné pro atmosférický tlak. Při lisování za zvýšeného tlaku dochází k rozkladu při nižších teplotách.

Tepelná modifikace dřeva se skládá zpravidla ze tří částí. Nejdříve dřevo zahřejeme a vysušíme na velmi nízkou vlhkost (2-4%), tento proces probíhá do maximální teploty 150°C. Druhou fází je samotná tepelná modifikace, která probíhá v rozmezí od 150 do 280°C. Nakonec tepelně modifikované dřevo klimatizujeme na vlhkost, která odpovídá rovnovážné vlhkosti prostředí, do kterého je materiál určen [22].

Samotný proces tepelné modifikace, jak jej známe dnes, byl teoreticky popsán již ve 20. letech minulého století, avšak jeho náročnost neumožňovala plné a bezproblémové technologické zvládnutí. Moderní technologie tento problém vyřešily a v 90. letech 20. století se ve Finsku začala modifikace dřeva provádět průmyslově. Nyní je tento materiál nejčastěji nazýván jako ThermoWood. Avšak ThermoWood není překližka, ale tepelně upravený masivní materiál.

Na překližky působí zvýšená teplota při lisování. Tato teplota však dosahuje mnohem menších hodnot, než by bylo ke kvalitnímu provedení tepelné modifikace potřeba. Důvodem je použití formaldehydových lepidel, které se při teplotách nad 150 °C mohou částečně rozkládat. Využití této metody v překližkárenském průmyslu je nutno upotřebit již při výrobě dýhy. V ČR vyrábí tzv. „thermo dýhy“ firma Torapo [23].

3.4.2 Použití voděodolných lepidel

Z hlediska odolnosti proti působení vlhkosti se jeví jako nejvýhodnější použít fenolformaldehydová nebo melaminformaldehydová lepidla (viz. kapitola 3.2.1). Fenolformaldehydová lepidla navíc obstojí i vůči horké vodě. Odolná proti vodě jsou také polyvinylacetátová lepidla (PVAC), která navíc vynikají tím, že jsou zdravotně nezávadná. Proto se používají pro lepení překližek vhodných do interiéru [10].

3.4.3 Fólie a povrchové úpravy

Překližky bývají z obou stran překryty speciální fenolickou fólií. Hrany mohou být opatřeny ochranným vodovzdorným nátěrem. Tento nátěr snižuje pronikání vlhkosti do překližky, ale nezabraňuje mu úplně. Většinou se pro tuto aplikaci používají akrylátové nátěry.

3.5 Zvyšování odolnosti překližek proti ohni

Odolnost proti ohni zvýšíme, buď úpravou vlastního konstrukčního materiálu, nebo úpravou lepidel a povrchových fólií.

3.5.1 Úprava vlastního konstrukčního materiálu

Impregnace suchých nebo mokřých dýh představuje velmi pracný, technologicky a ekonomicky náročný způsob ochrany proti ohni. Další možností je aplikace povrchového nátěru na hotovou překližku. Tento způsob je méně náročný, ale hořlavost tím nesnížíme tak významně jako při použití předchozí varianty.

Výhodnější se jeví aplikace vodních roztoků anorganických solí na povrchovou dýhu. Tento způsob využívá podtlak, který vznikne prudkým ochlazením ohřátých desek. Díky podtlaku se látka dostane do větší hloubky, než při nátěru na studenou překližku [11].

3.5.2 Úprava lepidel a povrchových fólií

Namísto vody se do lepících směsí přidávají vodní roztoky retardérů hoření. Vodní roztoky nesmí změnit vlastnosti lepící směsi. Přednosti tohoto způsobu spočívají v tom, že úprava lepidel nevyžaduje změnu technologie výroby překližek, a tím nezpůsobuje prakticky žádné investiční náklady.

Snížit hořlavost překližky může také retardační fólie, která musí být rovněž odolná vůči mechanickému, případně i jinému poškození. Ideální je kombinace obou popsanych způsobů [11].

4. Uplatnění překližek ve stavebnictví

Překližované materiály nacházejí široké možnosti svého uplatnění v různých oblastech. Díky omezení nepříznivých anizotropních vlastností dřeva se překližkám dostává významné pozornosti také ve stavebnictví, kde nahrazují použití dřeva, jehož cena na světových trzích stále stoupá. Ve stavebnictví používáme výhradně překližky s vodovzdornou ochranou, kterou dosáhneme použitím fenolformaldehydových a melaminformaldehydových lepidel. Lze aplikovat také různé druhy fólií nebo speciální povrchové úpravy. Stavební překližky používáme pro tyto účely: [11]

- Dřevěné a kombinované stavby obytného a užitkového charakteru – zejména panely prefabrikovaných domů, střešní nosníky, podlahy, dělicí příčky, sloupky, vazné trámy, TJI nosníky apod.
- Stavební konstrukce – hlavně v kombinaci s jinými materiály, bednění pod krytinou, vnitřní i vnější pláště, štitové zdi, schody apod.
- Betonářská bednění – systémová bednění, kruhová bednění, bednění na staveništi apod.
- Podlahy lešení, podlahy v průmyslových a skladovacích halách, podlahy zvýšených podlaží, mezipater, nákladní a příjezdové rampy
- Zemědělské budovy – stropy, zdi, vnitřní obklady, sila na krmivo, hnojivo a obilí

4.1 Betonářské bednění z překližek

Čerstvý beton se na stavbách ukládá do bednění, které musí být tvarově přesné a dostatečně tuhé. V minulosti se pro tyto účely používalo bednění z deskového řeziva, které se v dnešní době upotřebuje pouze ve výjimečných případech.

Dnes zcela převládají systémová bednění (obr. 12) s kvalitní úpravou bednicích ploch, která se vyrábějí z oceli, plastu a vodovzdorných překližek (obr. 13). Výhodou těchto bednicích sestav je jejich variabilita, opakovatelnost použití, rychlé a přesné spojování, tvarová přesnost a odolnost proti vodě. Plochy bednění musí být čisté a dobře slícované, aby nevznikaly vzhledově nevyhovující a těžko opravitelné přetoky ztvrdlého betonu [16].

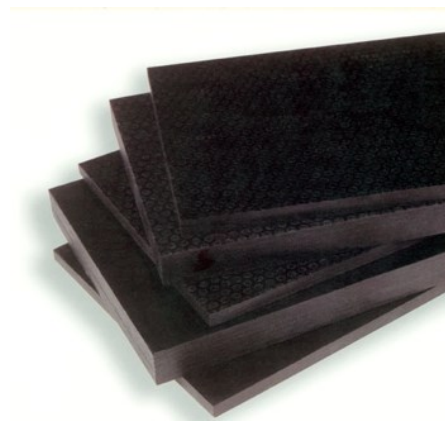
Namísto dřevěných podpůrných stojek a nosníků se dnes používají ocelové nosníky a nastavitelné stropní stojky, které spolu s bednicími plochami tvoří ucelený systém nosníkového bednění. V případě, kdy jsou nosníky a deskové prvky pláště integrovány do jednoho prvku, mluvíme o rámovém bednění. To je méně univerzální, ale v některých případech výrazně ulehčuje práci.

Nosníkové bednění můžeme použít jak při betonáži svislých částí konstrukce jako jsou stěny a sloupy, tak při betonáži vodorovných konstrukcí - stropy, trámy a průvlaky.

Bednicí plochy z překližek musejí být dostatečně pevné v ohybu a vodovzdorné. Ve většině případech nabízejí firmy pro tyto účely překližky lepené fenolformaldehydovým lepidlem potažené fenolickou fólií. Hrany jsou opatřeny vodovzdorným ochranným nátěrem.



Obr. 12: Systémové bednění [24]



Obr. 13: Vodovzdorná překližka Dyas [25]

4.2 Použití překližovaných desek v dřevostavbách

Konstrukční překližka je ve stavebnictví extrémně všestranný produkt. Používá se na širokou škálu konstrukčních, interiérových i exteriérových aplikací. Z pohledu ceny a vlastností se jeví jako nejvhodnější smrková překližka. Smrková deska je univerzální deska

Obr. 13.: Vodovzdorná překližka Dyas film [25] pro stavebnictví. Typické oblasti použití

překližovaných desek jsou podlahy, vnější i vnitřní stěny, půdní a mezipatrové stropy a mnoho dalších.

K hlavním přednostem překližovaných desek použitých pro tyto účely patří zejména:

- Nízká hmotnost
- Snadná opracovatelnost
- Možnost spojování hřebíky
- Odolnost desky proti nárazům a rázovému zatížení
- Stálost vůči vlhkosti
- Absence zápachu
- Tepelně-izolační vlastnosti

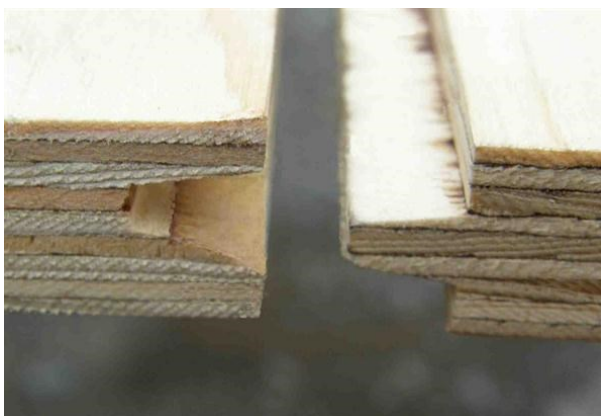
Plochy překližky, které zůstanou viditelné, mohou být upraveny bez základního nátěru prostředky pro povrchovou úpravu. Pro natírané plochy s vysokými požadavky se doporučuje broušený povrch.

Běžně se používají pro vnitřní **opláštění zdí**, mohou se ale také používat v externím prostředí (obr. 14), kde díky povrchovým úpravám a použití odolných dřevin odolávají nepříznivým klimatickým podmínkám. Jsou dobře tvarovatelné a můžou se nařezat na jakýkoliv rozměr, což umožňuje tvůrčí svobodu designerům při návrhu budovy [40].



Obr. 14: Venkovní opláštění z překližek firmy Dyas [20]

Podlahová krytina z překližky je nenákladná ve srovnání s dřevěnou nebo s dlaždicemi. S pomocí několika vrstev barvy a lesklého laku může být velmi odolná a estetická. Spojování jednotlivých desek probíhá na pero a drážku (obr. 15).



Obr. 15: Spoj překližovaných desek na pero a drážku [41]



Obr. 16: Podlahová krytina z lakované překližky [42]

Důkaz univerzálnosti použití překližky je tento dům (obr. 17). Z překližky jsou zde vyrobeny dveře, vnější i vnitřní schody, zábradlí, nosná rámová konstrukce, obvodový plášť, podlahy, vnitřní obložení, příčky a řada interiérových truhlářských výrobků [43].



Obr. 17: Konstrukce budovy z překližky [43]

5. Experimentální část

Experimentální část bakalářské práce je zaměřena na překližovaný materiál, který byl po dobu 28 dní ovlivněn zvýšenou vlhkostí a teplotou. Jde o simulaci podmínek prostředí, které nastanou, pokud je materiál ve styku s betonem. Materiál může být použit jako bednicí plocha systémového bednění nebo jako součást dřevobetonové kompozitní struktury, např. Kompozitní dřevobetonový spřažený stropní nosník. Experiment zjišťuje, do jaké míry tyto podmínky ovlivňují mechanicko-fyzikální vlastnosti překližky.

Při zkoušení se zjišťovala hustota, tahové a ohybové vlastnosti (tab. 3) překližované celobukové pětivrstvé desky tloušťky 7 mm. Cílem experimentální části práce bylo porovnat naměřené hodnoty s výsledky z experimentální části bakalářské práce Barbory Šlesaríkové [9], kde byla zkoušena stejná zkušební tělesa, která ale nebyla ovlivněna zvýšenou teplotou a vlhkostí.

Tab. 3: Přehled realizovaných experimentů

Zkouška	Směr zkoušení	Norma	Počet zkušebních těles	Značení vzorků
Hustota	-	ČSN EN 323	9	H1 - H9
Pevnost v tahu	Rovnoběžně s vlákny	ČSN EN 789	7	T1R - T7R
	Kolmo na vlákna		7	T1K - T7K
	Kolmo na vlákna - neovlivněná tělesa		7	T11K - T17K
	Kolmo na vlákna		1	T6K
Modul pružnosti v tahu	Kolmo na vlákna – neovlivněná tělesa		1	T17K
Pevnost a modul pružnosti v ohybu	Rovnoběžně s vlákny	ČSN EN 310	8	O1R - O8R
	Kolmo na vlákna		8	O1K - O8K

Deformace těles, potřebná k výpočtu modulu pružnosti v tahu, se při zkoušení v laboratoři zjišťovala pomocí nalepovacích tenzometrických elementů, které jsou pouze na jedno použití. Cena těchto elementů je poměrně vysoká, proto jsme k měření použili pouze 1 neovlivněné zkušební těleso a 1 ovlivněné.

5.1 Ovlivňování vzorků v cementové suspenzi

Zkušební tělesa byla před zkoušením ponořena do cementové suspenze (obr. 18), kde se nacházela po dobu 24 hodin. Cementová suspenze byla namíchána v tomto poměru:

Cement : voda 1:10 1,5 kg : 15 kg

Do suspenze bylo přidáno také **300 g cukru**, aby nedocházelo k tunutí cementové kaše na překližkách. Cukr zpomaluje hydrataci cementu. Množství 0,3 až 0,5 hmotnosti cementu dokáže úplně zastavit tunutí a tvrdnutí cementu [34].

Po 24 hodinách byla tělesa vytažena z kádě, povrchově osušena a vložena do klimatické komory CTS C-40/1000/S (Obr. 19), kde se klimatizovala po dobu 27 dní v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu a teplotou podle následující tabulky (tab.4).

Tab. 4: Časový souhrn klimatizace vzorků ovlivněných cementovou suspenzí

Čas	Prostředí	Relativní vlhkost vzduchu [%]	Teplota vzduchu (kapaliny)[°C]
1. den	Cementová suspenze		(40)
2. - 5. den	vzduch, bez přímého ovlivnění kapalinou	100 ± 5	40
6. - 12. den	vzduch, bez přímého ovlivnění kapalinou	100 ± 5	25
13. - 28. den	vzduch, bez přímého ovlivnění kapalinou	65 ± 5	20

Po uplynutí 28 dnů byla ovlivněná tělesa podrobena zkouškám (tab. 3). Pro zkoušení pevnosti v tahu a modulu pružnosti v tahu bylo k dispozici také 7 zkušebních těles, která se neovlivňovala cementovou suspenzí. Pouze se klimatizovala po dobu 7 dní při teplotě 20 °C s relativní vlhkostí vzduchu 65 ± 5 % do ustálené hmotnosti.



Obr. 18: Klimatická komora CTS C-40/1000/S



Obr. 19: Cementová suspenze

5.1.1 Sledování vad na zkušebních tělesech po klimatizaci

Na ovlivněných zkušebních tělesech je po klimatizaci znát výrazná změna zbarvení, která je způsobena vlivy působícími na materiál v průběhu klimatizačního cyklu (obr. 20,21).

Některá zkušební tělesa určená k tahovým zkouškám měla tendenci se při klimatizaci



Obr. 20: Označené zkušební vzorky pro zjišťování hustoty před ovlivňováním cementovou suspenzí a klimatizací



Obr. 21: Označené zkušební vzorky pro zjišťování hustoty po ovlivnění cementovou suspenzí a klimatizací



Obr. 22: Zdeformovaný vzorek T2K

samovolně ohýbat. Největší deformace byla zaznamenána při prvním týdnu klimatizace, kdy se tělesa nacházela v prostředí se 100 % relativní vlhkostí vzduchu a teplotou vzduchu 40°C. Postupně se teplota i vlhkost v klimatické komoře snižovaly, a s tím se i narovnávaly zkušební vzorky. Výjimkou je vzorek T2K, který nebyl pro měření pevnosti v tahu použit, protože při klimatizování došlo k výrazné nevratné deformaci (obr. 22).

Na vzorku určeném pro ohybové zkoušky O5K došlo v rohu k odchlípnutí svrchní vrstvy dýhy (obr. 23). Tato vada mohla nastat v důsledku nekvalitního rozprostření lepidla při výrobě překližky, nebo to mohla zapříčinit hydrotermální degradace lepidla způsobená klimatizací vzorku.



Obr. 23: Porušený vzorek O5K

Na zkušební vzorku O6R došlo k podélnému odchlípnutí dýhy uprostřed vzorku (obr. 24).



Obr. 24 Porušený vzorek O6R

5.2 Zjišťování hustoty

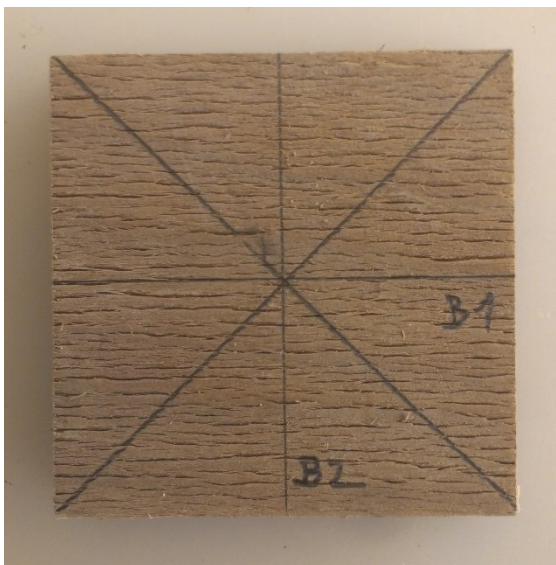
Zkouška byla prováděna dle normy ČSN EN 323 [3]. Podstatou metody je zjištění hustoty jako poměru hmotnosti zkušebního tělesa k jeho objemu, přičemž obě měření se vykonávají při stejné vlhkosti. Tyto výsledky se používají ke stanovení hustoty celé desky [3]. Dle ČSN EN 326-1 [4] je potřeba ke zjištění hustoty minimálně 6 vzorků. V našem případě je k dispozici 9 vzorků.

5.2.1 Postup zkoušky

- 1) Odběr vzorků a řezání zkušebních těles se provedl dle ČSN EN 326-1 [4]. Tvar zkušebních těles je čtvercový s nominální délkou strany 50 mm. Vzorky byly označeny čísla H1 – H9 (obr. 25).
- 2) Ovlivnění cementovou suspenzí a klimatizace zkušebních těles proběhla podle tabulky č. 4. (kapitola 5.1).
- 3) Po klimatizaci byla ovlivněná zkušební tělesa (obr. 21) zvážena na digitálních vahách (obr. 26) s přesností na 0,01 g.
- 4) Rozměry zkušebních těles se zjišťují podle ČSN EN 325. [7] Tloušťka t se měří v bodě průsečíku úhlopříček s přesností na 0,05 mm. Rozměry b_1 a b_2 se měří

ve 2 bodech rovnoběžně s hranami zkušebního tělesa nad průsečíkem úhlopříček s přesností 0,1 mm (obr. 25). K měření rozměrů bylo použito digitální posuvné měřidlo (obr. 27).

- 5) Veškeré hodnoty byly zaznamenány do tabulky (tab. 5) v programu MS Excel, kde rovněž proběhl výpočet hustoty dle ČSN EN 323 [3].



Obr. 25: Místa měření rozměrů vzorku pro stanovení hustoty



Obr. 26: Digitální váhy s přesností měření na 2 desetinná místa



Obr. 27: Digitální posuvné měřítko

5.2.2 Vyjádření výsledků

Hustota ρ **každého zkušebního tělesa** (kg/m^3) se vypočítá podle vzorce (1) dle ČSN EN 323 [3]:

$$\rho = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \cdot 10^6 \quad (1)$$

kde m hmotnost zkušebního tělesa [g]
 b_1, b_2 podélné a příčné rozměry zkušebního tělesa [mm]
 t tloušťka zkušebního tělesa [mm]

Hustota **desky** se vypočítá jako aritmetický průměr hustoty těles odebraných z této desky. Tato hodnota je vyjádřena v kg/m^3 s přesností na 3 desetinná místa [3].

5.2.3 Výsledky zkoušky

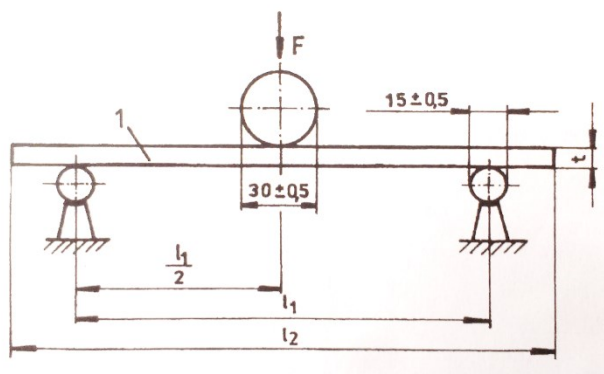
Tab. 5: Výpočet hustoty

Značení vzorků	b1 [mm]	b2 [mm]	t [mm]	m [g]	ρ [kg/m]
H1	50,0	50,1	7,6	14,67	770,871
H2	50,1	50,0	7,8	14,33	733,112
H3	50,1	50,1	7,8	14,47	739,830
H4	50,0	50,1	7,8	15,34	785,726
H5	50,1	50,0	7,75	14,39	741,968
H6	50,1	50,0	7,8	15,68	802,657
H7	49,9	50,0	7,75	15,35	793,529
H8	50,0	49,9	7,85	15,33	782,399
H9	50,0	50,1	7,75	15,17	781,404
$\Sigma =$					770,166

Výsledná hustota ovlivněné překližované desky je $770,166 \text{ kg/m}^3$.

5.3 Zjišťování pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu

Zkouška byla prováděná dle ČSN EN 310 [1]. Podstatou metody je stanovení modulu pružnosti a pevnosti v ohybu zatížením tělesa, uloženého na dvou podpěrách, v jeho středu (obr. 28). Modul pružnosti se vypočítá z lineární části zatěžovací křivky. Vypočtená hodnota je zdánlivý, ne skutečný model, protože zkušební metoda zahrnuje kromě ohybu také smyk. Ohybová pevnost každého zkušebního tělesa se vypočítá stanovením poměru ohybového momentu M při maximálním zatížení F_{\max} k momentu jeho celého průřezu [1].



Obr. 28: Uspořádání ohybové zkoušky dle ČSN EN 310 [1]. Legenda: F (zatížení), t (tloušťka zkušební tělesa), l_1 ($20t$), l_2 ($l_1 \pm 50$). Rozměry v mm.

5.3.1 Postup zkoušky

- 1) Odběr vzorků a příprava zkušebních těles se provedl podle ČSN EN 326-1 [4]. Vyžadují se soubory jak příčných, tak i podélných zkušebních těles. Šířka b zkušební tělesa musí být (50 ± 1) mm [1]. Vzorky s podélným (rovnoběžným) směrem vláken na povrchových dýhách byly označeny čísla O1R – O8R a vzorky s příčným (kolmým) směrem vláken na povrchových dýhách byly označeny čísla O1K – O8K (obr. 29).
- 2) Ovlivnění cementovou suspenzí a klimatizace zkušebních těles proběhla podle tabulky č. 4. (kapitola 5.1).
- 3) Po klimatizaci (obr. 30) byly změřeny rozměry zkušebních těles podle ČSN EN 325 [7]. Tloušťka t se měří v bodě průsečíku úhlopříček s přesností na 0,05 mm. Šířka b se měří rovnoběžně s hranami zkušební tělesa nad průsečíkem úhlopříček



Obr. 29: Označené zkušební vzorky pro zjišťování ohybových vlastností před ovlivňováním cementové suspenze a klimatizací



Obr. 30: Označené zkušební vzorky při klimatizaci v klimatické komoře CTS C-40/1000/S

(v polovině délky vzorku) s přesností 0,1 mm. K měření rozměrů bylo použito digitální posuvné měřidlo (obr. 27, kapitola 5.2.1).

- 4) Zatěžování se provádělo na lisu FP 10/1 s výstupem přes PC. (obr. 31). Vzdálenost mezi středy podpěr se nastavila jako 20tinásobek tloušťky překližky, tedy $L_1 = 150$ mm a zkušební tělesa se položila na plochu na podpěry, podélnou osou v pravém úhlu k těmto podpěrám, se středem pod zatěžovací hlavou (obr. 32).



Obr. 31: Zatěžovací lis FP 10/1



Obr. 32: Zatěžování zkušebního tělesa

- 5) Při zatěžování se měřil také průhyb uprostřed zkušebního tělesa (pod zatěžovací hlavou) s přesností na 0,1 mm. Měření probíhalo pomocí senzoru průhybu napojeného na zařízení poskytující digitalizovaný výstup pro výpočet modulu pružnosti v ohybu.
- 6) Rychlost zatížení se podle normy upravilo tak, aby maximální zatížení bylo dosaženo do (60 ± 30) s, proto se zatěžovalo rychlostí 5 mm/min.



Obr. 33: Ovlivněné zkušební vzorky po zatěžovací zkoušce na lisu

- 7) Zkoušky se provedly na dvou skupinách zkušebních těles v obou směrech desky, tj. v podélném i příčném směru. (obr. 33, 34)



Obr. 34: Detailní pohled na zkušební vzorek OIR po zatěžovací zkoušce na lisu

- 8) Veškeré hodnoty byly zaznamenány do tabulek (tab. 6, 8) v programu MS Excel, kde rovněž proběhl výpočet modulu pružnosti a pevnosti v ohybu dle ČSN EN 310 [1]. Byl stanoven dolní 5% kvantil (tab. 7, 9) podle ČSN EN 326-1 [4], pomocí kterého jsme zjistili třídu ohybové pevnosti pro překližované desky dle ČSN EN 636 [5].

5.3.2 Vyjádření výsledků

Pevnost v ohybu

Pevnost v ohybu f_m (N/mm²) **každého zkušebního tělesa** je vyjádřena vzorcem (2) dle ČSN EN 310 [1]:

$$f_m = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l_1}{2 \cdot b \cdot t^2} \quad (2)$$

kde	F_{max}	maximální zatížení zkušebního tělesa [N]
	l_1	vzálenost mezi středy podpěr [mm]
	b	šířka zkušebního tělesa [mm]
	t	tloušťka zkušebního tělesa [mm]

Pevnost v ohybu f_m (N/mm²) **desky** se vypočítá jako aritmetický průměr pevnosti v ohybu veškerých těles odebraných z této desky. Tato hodnota je vyjádřena v N/mm² s přesností na 3 platné číslice (tab. 6).

Modul pružnosti

Modul pružnosti E_m (N/mm²) **každého zkušební tělesa** je vyjádřen vzorcem (3) dle ČSN EN 310 [1]:

$$E_m = \frac{l_1^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot t^3 \cdot (a_2 - a_1)} \quad (3)$$

- kde
- l_1 vzdálenost mezi středy podpěr [mm]
 - $F_2 - F_1$ přírůstek zatížení v přímkové části zatěžovací křivky (F_1 musí být přibližně 10% a F_2 přibližně 40% z maximálního zatížení) [N]
 - $a_2 - a_1$ přírůstek průhybu ve středu délky zkušební tělesa (odpovídající $F_2 - F_1$) [mm]

Modul pružnosti E_m (N/mm²) **desky** se vypočítá jako aritmetický průměr modulu pružnosti veškerých těles odebraných z této desky. Tato hodnota je vyjádřena v N/mm² s přesností na 3 platné číslice. (tab. 8)

5% kvantil normálně rozdělených hodnot vlastností desky

Dolní 5% kvantil $L_{5\%}^q$ (N/mm²) je vyjádřen vzorcem (4) dle ČSN EN 326-1 [4]:

$$L_{5\%}^q = \bar{x} - t_n \cdot s_{\bar{x}} \quad (4)$$

- kde
- \bar{x} celkový průměr naměřených hodnot [N/mm²]
 - t_n t jednostranně 5% normálně rozděleného výběru n desek [-]
 - $s_{\bar{x}}$ směrodatná odchylka [N/mm²]

Směrodatná odchylka $s_{\bar{x}}$ (N/mm²) je vyjádřena vzorcem (5, 6) dle ČSN EN 326-1 [4]:

$$s_{\bar{x}}^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(\bar{x}_j - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (5)$$

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(\bar{x}_j - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (6)$$

- kde
- \bar{x}_j výsledky měření jednotlivých vzorků [N/mm²]
 - n počet vzorků [-]

5.3.3 Výsledky zkoušky

Tab. 6: Výpočet pevnosti v ohybu

vzorek	b [mm]	t [mm]	L ₁ [mm]	F _{max} [N]	f _m [N/mm ²]
O1K	50,1	7,5	150	456	36,4
O2K	50,1	7,55	150	5-10	40,1
O3K	49,9	7,5	150	443	35,5
O4K	50,0	7,65	150	533	41,0
O5K	50,0	7,7	150	468	35,5
O6K	50,0	7,6	150	482	37,6
O7K	50,0	7,75	150	481	36,0
O8K	50,1	7,6	150	473	36,8
Σ =					37,4
vzorek	b [mm]	t [mm]	L ₁ [mm]	F _{max} [N]	f _m [N/mm ²]
O1R	50,1	7,6	150	986	76,7
O2R	50,1	7,6	150	843	65,6
O3R	50,1	7,6	150	945	73,6
O4R	50,1	7,6	150	884	68,8
O5R	49,9	7,8	150	1038	76,9
O6R	50,1	7,65	150	979	75,2
O7R	50,1	7,95	150	1098	78,1
O8R	50,1	7,55	150	926	73,0
Σ =					73,5

Z průměrných pevností obou souborů vzorků byl stanoven také dolní 5% kvantil pevnosti v ohybu $L_{5\%}^q$ (tab. 7) podle metodiky uvedené v ČSN EN 326-1 [4], který je potřeba ke zjištění třídy ohybové pevnosti pro překližované desky dle ČSN EN 636 [5].

Tab. 7: Výpočet dolního 5% kvantilu pevnosti v ohybu $L_{5\%}^q$

	Příčné vzorky O1K - O8K	Podélné vzorky O1R - O8R
f _m [N/mm ²]	37,4	73,5
s _x ²	4,39	18,64
s _x	2,10	4,32
t _n	1,89	1,89
$L_{5\%}^q$ [N/mm ²]	33,4	65,3

Tab. 8: Výpočet modulu pružnosti v ohybu

Vzorek	b [mm]	t [mm]	L ₁ [mm]	F _{max} [N]	F ₁ [N]	F ₂ [N]	F ₂ -F ₁ [N]	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	a ₂ -a ₁ [mm]	E _m [N/mm ²]
O1K	50,1	7,5	150	456	45,6	182,4	136,8	1,956	4,57	2,614	2090
O2K	50,1	7,55	150	510	51	204	153	1,78	5,06	3,28	1820
O3K	49,9	7,5	150	443	44,3	177,2	132,9	1,298	3,178	1,88	2830
O4K	50,0	7,65	150	533	53,3	213,2	159,9	1,494	3,522	2,028	2970
O5K	50,0	7,7	150	468	46,8	187,2	140,4	1,72	3,794	2,074	2500
O6K	50,0	7,6	150	482	48,2	192,8	144,6	0,669	2,716	2,047	2720
O7K	50,0	7,75	150	481	48,1	192,4	144,3	0,924	3,152	2,228	2350
O8K	50,1	7,6	150	473	47,3	189,2	141,9	0,438	2,56	2,122	2560
											2480
Vzorek	b [mm]	t [mm]	L ₁ [mm]	F _{max} [N]	F ₁ [N]	F ₂ [N]	F ₂ -F ₁ [N]	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	a ₂ -a ₁ [mm]	E _m [N/mm ²]
O1R	50,1	7,6	150	986	98,6	394,4	295,8	2,364	4,078	1,714	6630
O2R	50,1	7,6	150	843	84,3	337,2	252,9	1,028	2,627	1,599	6070
O3R	50,1	7,6	150	945	94,5	378	283,5	1,22	2,738	1,518	7170
O4R	50,1	7,6	150	884	88,4	353,6	265,2	0,818	2,352	1,534	6640
O5R	49,9	7,8	150	1038	103,8	415,2	311,4	1,521	3,059	1,538	7210
O6R	50,1	7,65	150	979	97,9	391,6	293,7	0,801	2,409	1,608	6870
O7R	50,1	7,95	150	1098	109,8	439,2	329,4	1,955	3,46	1,505	7340
O8R	50,1	7,55	150	926	92,6	370,4	277,8	0,591	2,092	1,501	7250
											6900

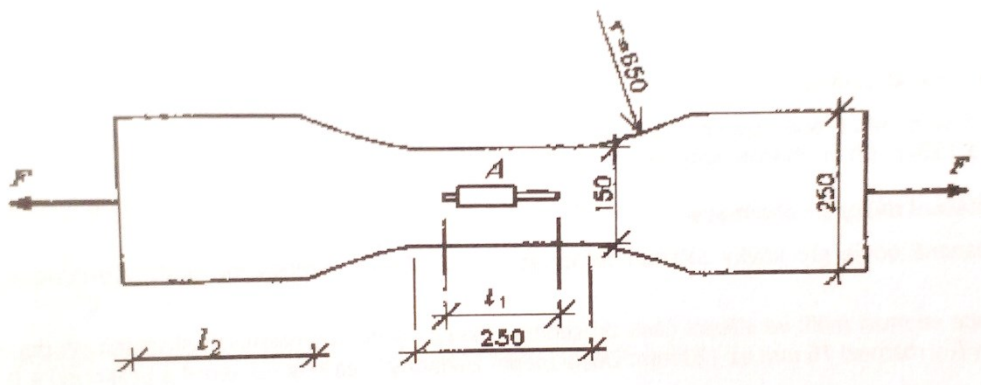
Z průměrných pevností obou souborů vzorků byl stanoven také dolní 5% kvantil modulu pružnosti v ohybu $L_{5\%}^q$ (tab. 7) podle ČSN EN 326-1 [4], který je potřeba ke zjištění třídy ohybové pevnosti pro překližované desky dle ČSN EN 636 [5].

Tab. 9: Výpočet dolního 5% kvantilu modulu pružnosti v ohybu $L_{5\%}^q$

	Příčné vzorky O1K - O8K	Podélné vzorky O1R - O8R
E _m [N/mm ²]	2480	6900
s _x ²	146753,42	188087,73
s _x	383,08	433,69
t _n	1,89	1,89
L _{5%} ^q [N/mm ²]	1760	6080

5.4 Zjišťování pevnosti v tahu a modulu pružnosti v tahu

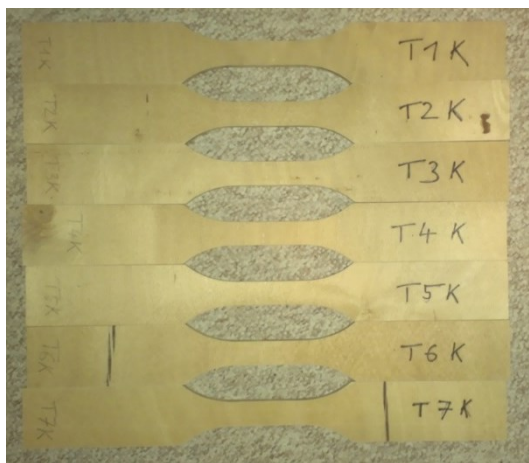
Zkouška byla prováděná dle ČSN EN 789 [6]. Podstatou metody je stanovení modulu pružnosti v tahu a pevnosti v tahu upnutím zkušební tělesa do čelistí, které zavádějí požadované zatížení na zkušební těleso, s minimálním vlivem na porušení a polohu porušení. Upínací čelisti nesmí vyvozovat na zkušební těleso ohybový moment, ani nesmí umožnit prokluzování při zatížení [6].



Obr. 35: Uspořádání tahové zkoušky dle ČSN EN 789 [6]. Legenda: A (snímač), l_1 (délka měřící základny), l_2 (délka odpovídající samonastavitelným čelistem)

5.4.1 Postup zkoušky

- 1) Odběr vzorků a příprava zkušebních těles se provedl podle ČSN EN 326-1 [4]. Vyžadují se soubory jak příčných, tak i podélných zkušebních těles podle obrázku (obr. 35). Šířka b zkušební tělesa v místě zúžení musí být podle normy ČSN EN 789 (150 ± 1) mm. V našem případě jsme použili vzorky s šířkou $b = 20$ mm.
- 2) Vzorky s podélným (rovnoběžným) směrem vláken na povrchových dýhách byly označeny čísla T1R – T7R (ovlivněné vzorky, obr. 38) a vzorky s příčným (kolmým) směrem vláken na povrchových dýhách byly označeny čísla T1K – T7K (ovlivněné vzorky, obr. 36) a T11K – T17K (neovlivněné vzorky, obr. 37).
- 3) Ovlivnění cementovou suspenzí a klimatizace zkušebních těles proběhla podle tabulky č. 4. (kapitola 5.1).
- 4) Po klimatizaci byly změřeny rozměry zkušebních těles podle ČSN EN 325. [7] Tloušťka t se měří v bodě průsečíku úhlopříček s přesností na 0,05 mm. Šířka b se měří rovnoběžně s hranami zkušební tělesa nad průsečíkem úhlopříček v zúžené části vzorku s přesností na 0,1 mm. K měření rozměrů bylo použito digitální posuvné měřidlo (obr. 27, kapitola 5.2.1).



Obr. 36: Označené zkušební vzorky pro tahovou zkoušku s příčným směrem vláken před ovlivněním cementovou suspenzí a klimatizací



Obr. 37: Označené zkušební vzorky pro tahovou zkoušku s příčným směrem vláken (soubor neovlivněných vzorků)

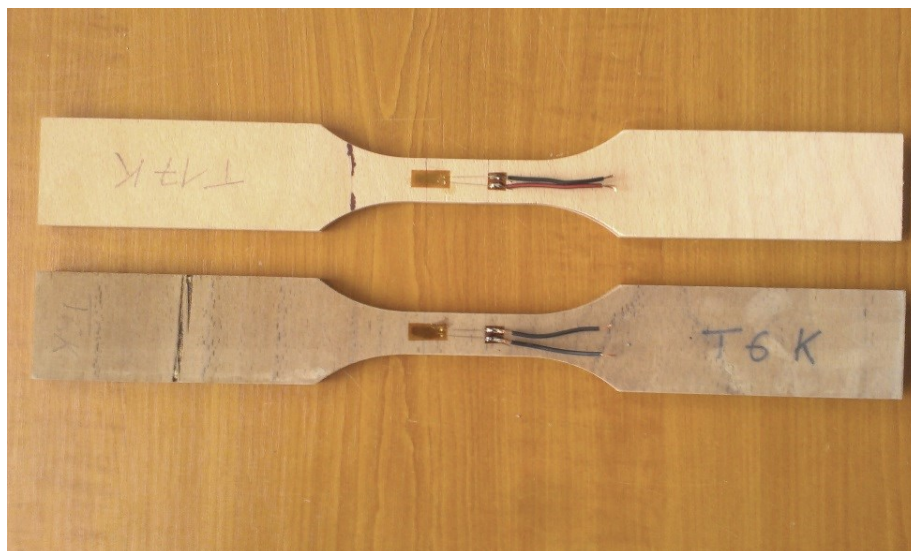


Obr. 38: Označené zkušební vzorky pro tahovou zkoušku s podélným směrem vláken před ovlivněním cem. suspenzí a klimatizací



Obr. 39: Upnutý vzorek do čelistí před zatěžováním

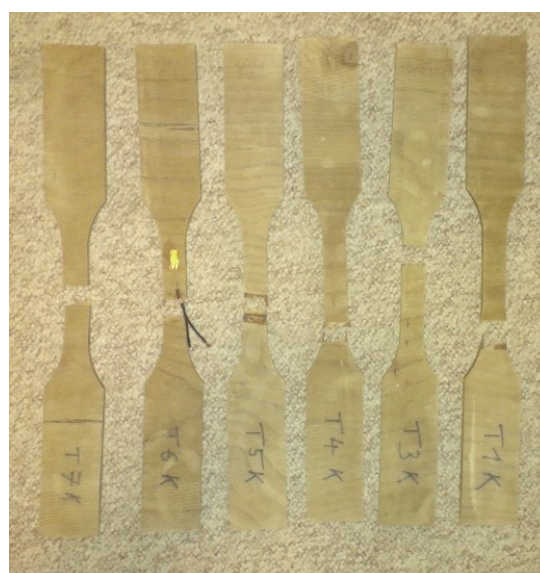
- 5) Zatěžování se provádělo na zatěžovacím lisu s výstupem přes PC. Těleso se upnulo do čelistí (obr. 39) a zatěžovalo se rovnoměrnou rychlostí 1,1 mm/min, aby bylo maximální zatížení dosaženo za (300 ± 120) s.
- 6) Na vzorky T6K a T11K byly připevněny tenzometry (obr. 40), napojené na PC, pro stanovení modulu pružnosti v tahu.
- 7) Zkoušky se provedly na dvou skupinách ovlivněných zkušebních těles s vlákny v obou směrech desky, tj. v podélném (obr. 41) i příčném (obr. 42) směru a pro porovnání také na skupině neovlivněných zkušebních těles s vlákny v příčném směru (obr. 43).
- 8) Veškeré hodnoty byly zaznamenány do tabulky (tab. 10,11) v programu MS Excel, kde rovněž proběhl výpočet modulu pružnosti v tahu a pevnosti v tahu dle ČSN EN 789 [6].



Obr. 40: Tenzometry pro stanovení modulu pružnosti na vzorcích T6K a T17K



Obr. 41: Ovlivněné zkušební vzorky s podélným směrem vláken po tahové zkoušce



Obr. 42: Ovlivněné zkušební vzorky s příčným směrem vláken po tahové zkoušce



Obr. 43: Neovlivněné zkušební vzorky s příčným směrem vláken po tahové zkoušce

5.4.2 Vyjádření výsledků

Pevnost v tahu

Pevnost v tahu f_t (N/mm²) **každého zkušební tělesa** je vyjádřena vztahem (7) dle ČSN EN 789 [6]:

$$f_t = \frac{F_{max}}{A} \quad (7)$$

kde F_{max} maximální zatížení zkušební tělesa [N]
 A průřez v délce měřicí základny

Pevnost v tahu f_t (N/mm²) **desky** se vypočítá jako aritmetický průměr pevnosti v tahu veškerých těles odebraných z této desky. Tato hodnota je vyjádřena v N/mm² s přesností na 3 platné číslice. (tab. 10)

Modul pružnosti

Modul pružnosti E_t (N/mm²) **každého zkušební tělesa** je vyjádřen vztahem (8) dle ČSN EN 789 [6]:

$$E_t = \frac{(F_2 - F_1) \cdot l_1}{(u_2 - u_1) \cdot A} \quad (8)$$

kde l_1 délka měřicí základny [mm]
 A průřez v délce měřicí základny [mm²]
 $F_2 - F_1$ přírůstek zatížení mezi 0,1·F_{max} a 0,4·F_{max} [N]
 $u_2 - u_1$ přírůstek deformace odpovídající $F_2 - F_1$ při použití lineární regresní přímky [mm]

Modul pružnosti E_t (N/mm²) **desky** se vypočítá jako aritmetický průměr modulu pružnosti veškerých těles odebraných z této desky. Tato hodnota je vyjádřena v N/mm² s přesností na 3 platné číslice. (tab. 11)

5.4.3 Výsledky zkoušky

Tab. 10: Výpočet pevnosti v tahu

Vzorek	b [mm]	t [mm]	F _{max} [kN]	f _t [N/mm ²]
T1R	20,0	7,75	12,91	83,2
T2R	20,1	7,55	14,04	92,6
T3R	20,1	7,5	8,01	53,1
T4R	20,1	7,4	13,04	87,9
T5R	20,0	7,35	11,26	76,6
T6R	20,1	7,45	9,15	61,0
T7R	19,9	7,5	9,25	62,0
Σ =				73,8
Vzorek	b [mm]	t [mm]	F _{max} [kN]	f _t [N/mm ²]
T1K	20,0	7,7	9,04	58,7
T3K	20,1	7,65	7,51	48,9
T4K	20,1	7,5	9,16	60,9
T5K	20,0	7,6	9,94	65,3
T6K	19,9	7,85	9,85	63,1
T7K	20,1	7,9	7,87	49,6
Σ =				57,8
Vzorek	b [mm]	t [mm]	F _{max} [kN]	f _t [N/mm ²]
T11K	20,0	7,95	8,93	56,1
T12K	20,0	7,8	7,26	46,7
T13K	20,0	7,4	8,65	58,6
T14K	20,1	7,8	6,49	41,4
T15K	20,0	7,4	5,15	34,7
T16K	20,0	7,5	8,87	59,0
T17K	20,1	7,55	9,17	60,4
Σ =				56,2

Zkušební tělesa T14K a T15K nebyla zařazena do výpočtu průměrné pevnosti v tahu, protože hodnoty pevnosti v tahu těchto zkušebních těles se výrazně odchyľují od pevnosti v tahu ostatních zkušebních těles.

Tab. 11: Výpočet modulu pružnosti v tahu

Vzorek	b [mm]	t [mm]	A [mm ²]	F _{max} [N]	F ₁ [N]	F ₂ [N]	F ₂ -F ₁ [N]	ε ₁ [-]	ε ₂ [-]	ε ₂ -ε ₁ [-]	E _t [N/mm ²]
T6K	19,9	7,85	155,9795	9,85	0,99	3,94	2,96	4,73E+02	3,24E+03	2,77E+03	6848
T17K	20,1	7,55	151,755	9,17	0,92	3,67	2,75	4,70E+02	2,90E+03	2,43E+03	7468

Pro výpočet modulu pružnosti v tahu byly k dispozici hodnoty poměrného prodloužení ε z tenzometru, namísto hodnot čistého posunu u . Proto se modul pružnosti počítal podle následujícího upraveného vzorce (9):

$$E_t = \frac{(F_2 - F_1) \cdot l_1}{(u_2 - u_1) \cdot A} = \frac{(F_2 - F_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \cdot A} \quad (9)$$

kde ε poměrné prodloužení [-]

protože platí (10):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1} = \frac{u_2 - u_1}{l_1} \quad (10)$$

6. Vyhodnocení výsledků experimentu

V rámci této bakalářské práce se ověřovaly mechanicko-fyzikální vlastnosti pětivrstvé překližované desky tloušťky 7 mm. Zkušební tělesa, nařezaná z této desky, byla po dobu 28 dní ovlivňována zvýšenou teplotou a vlhkostí. Nejdříve byla na 24 hodin ponořena do cementové suspenze, a poté byla klimatizována po dobu 27 dní v klimatické komoře CTS C-40/1000/S (viz. kapitola 5.1). Po klimatizaci se na zkušebních tělesech zkoušela hustota, pevnost v ohybu, modul pružnosti v ohybu, pevnost v tahu a modul pružnosti v tahu.

Výsledky byly porovnány s výsledky z experimentální části bakalářské práce Barbory Šlesarikové [9], kde byla zkoušena stejná zkušební tělesa, která ale nebyla ovlivněna zvýšenou teplotou a vlhkostí.

6.1 Klasifikace překližovaných desek podle ohybových vlastností

Překližované desky se klasifikují podle ČSN EN 636 [5] systémem založeným na ohybových vlastnostech, nezávisle na jejich skladbě. Klasifikační systém (obr. 44, 45) může sloužit pro poskytnutí charakteristických hodnot překližovaných desek pro nosné účely. Tyto hodnoty však nesmí být použity pro návrh konstrukcí [5].

Pevnost v ohybu		
Třída		Dolní mezní hodnota N/mm ²
$f_{m,0}$ $f_{m,90}$	F 3	5
	F 5	8
	F 10	15
	F 15	23
	F 20	30
	F 25	38
	F 30	45
	F 35	52
	F 40	60
	F 50	75
	F 60	90
	F 70	105
	F 80	120

Obr. 44 Třídy ohybové pevnosti pro překližované desky dle ČSN EN 636 [5]

Modul pružnosti v ohybu		
Třída		Dolní mezní hodnota N/mm ²
$E_{m,0}$ $E_{m,90}$	E 5	450
	E 10	900
	E 15	1 350
	E 20	1 800
	E 25	2 250
	E 30	2 700
	E 35	3 150
	E 40	3 600
	E 50	4 500
	E 60	5 400
	E 70	6 300
	E 80	7 200
	E 90	8 100
	E 100	9 000
	E 120	10 800
	E 140	12 600

Obr. 45 Třídy modulu pružnosti v ohybu pro překližované desky dle ČSN EN 636 [5]

Dolní mezní hodnoty uvedené v tabulkách (obr. 44, 45) pro pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu jsou 5-percentily z deskových průměrů, stanovené podle ČSN EN 310 [1] pro jednotlivé desky a vypočítané (tab. 7,9) podle ČSN EN 326-1 [4]

kde	$F_{m,0}$	pevnost v ohybu podél vláken [N/mm ²]
	$F_{m,90}$	pevnost v ohybu napříč vláken [N/mm ²]
	$E_{m,0}$	modul pružnosti v ohybu podél vláken [N/mm ²]
	$E_{m,90}$	modul pružnosti v ohybu napříč vláken [N/mm ²]

Hodnoty překližované desky jsou:

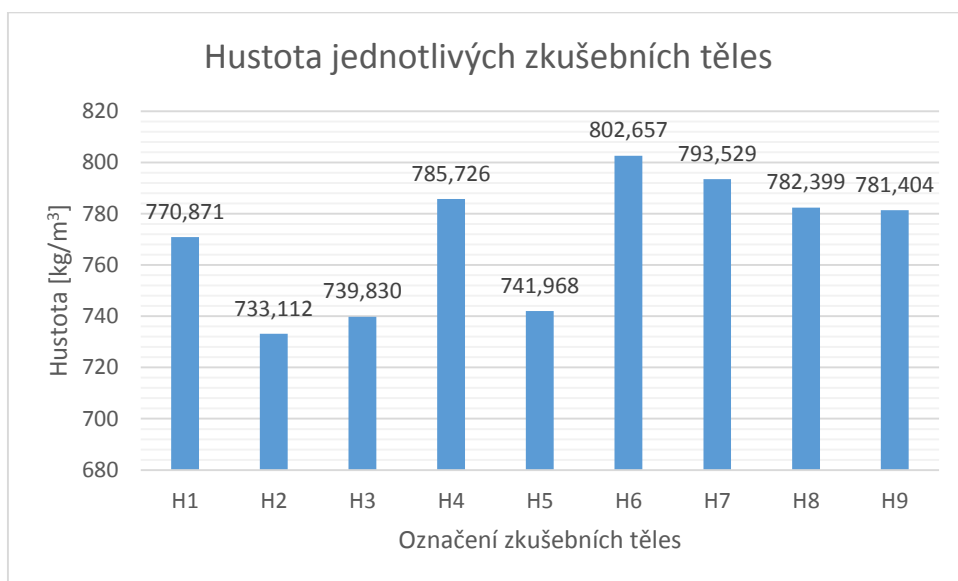
$$F_{m,0} = 37,4 \text{ N/mm}^2, F_{m,90} = 73,5 \text{ N/mm}^2, E_{m,0} = 2480 \text{ N/mm}^2, E_{m,90} = 6900 \text{ N/mm}^2$$

Což odpovídá třídám:

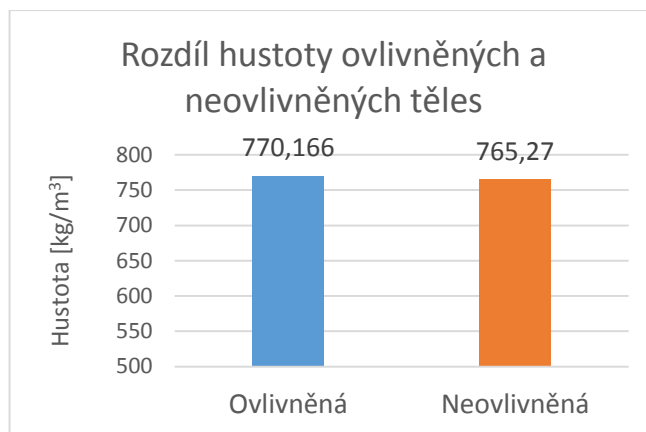
F 20/40 E 25/70

6.2 Hustota

Hustota byla měřena dle normy ČSN EN 323 [3]. Výsledné hodnoty hustoty jednotlivých těles zobrazuje sloupcový graf (obr. 46). Do následujícího sloupcového grafu (obr. 47) byl zaznamenán rozdíl mezi průměrnou hustotou ovlivněných a neovlivněných těles. Zjistilo se, že rozdíl je minimální.



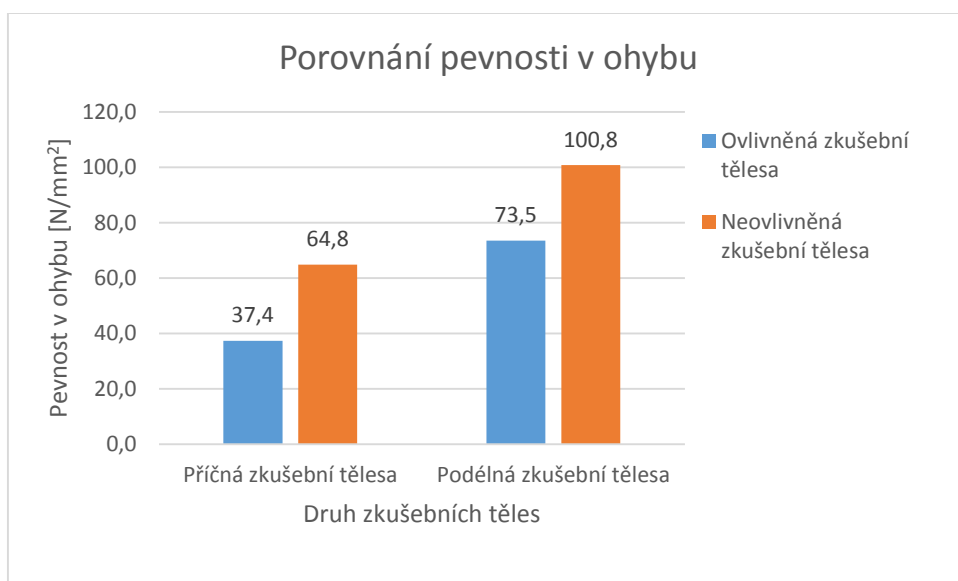
Obr. 46: Hustota jednotlivých zkušebních těles



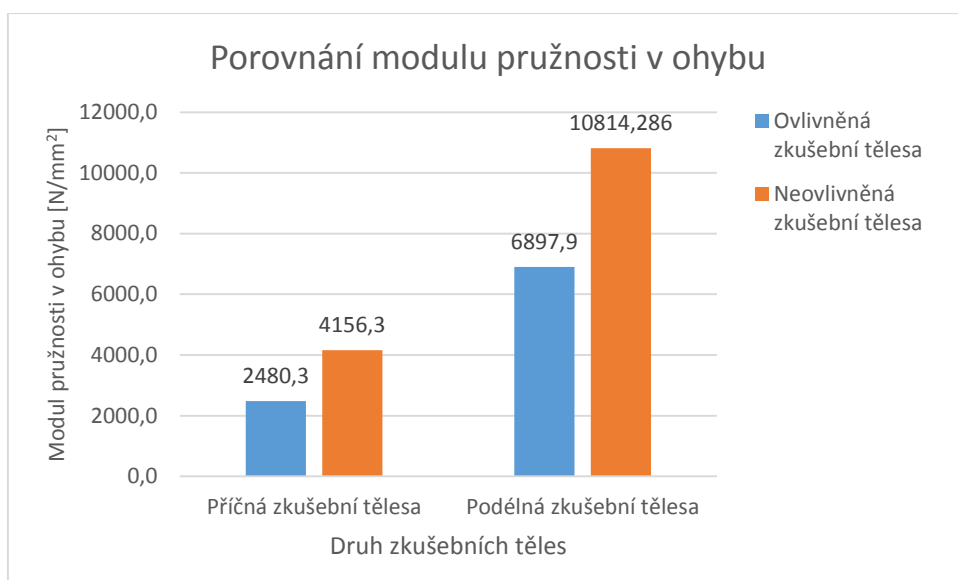
Obr. 47 Rozdíl hustoty ovlivněných a neovlivněných zkušebních těles

6.3 Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu

Pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu se měřil dle normy ČSN EN 310 [1]. Do následujících sloupcových grafů (obr. 48, 49) byly zaznamenány rozdíly pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu ovlivněných a neovlivněných těles s ohledem na směr vláken povrchových dých.



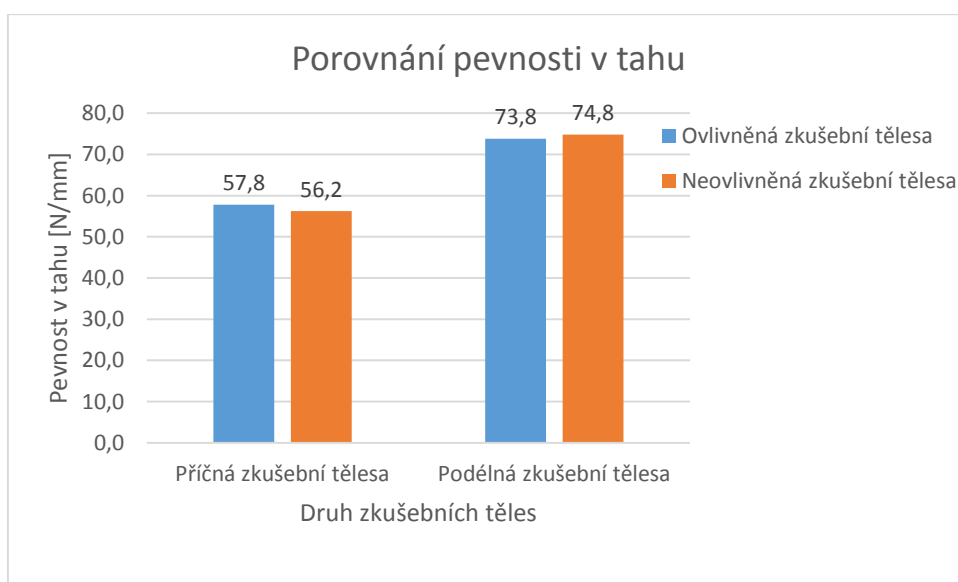
Obr. 48: Porovnání pevnosti v ohybu ovlivněných a neovlivněných zkušebních těles s ohledem na směr vláken povrchových dých



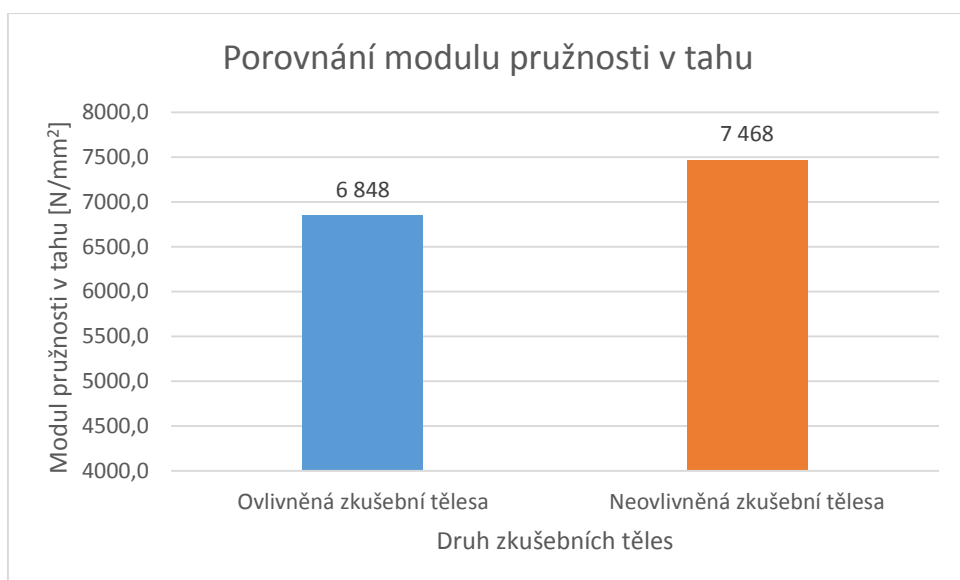
Obr. 49: Porovnání modulu pružnosti v ohybu ovlivněných a neovlivněných zkušebních těles s ohledem na směr vláken povrchových dých

6.4 Pevnost v tahu a modul pružnosti v tahu

Pevnost v tahu a modul pružnosti v tahu se měřil dle normy ČSN EN 789 [6]. Do následujících sloupcových grafů (obr. 50, 51) byly zaznamenány rozdíly pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu ovlivněných a neovlivněných těles s ohledem na směr vláken povrchových dých.



Obr. 50: Porovnání pevnosti v tahu ovlivněných a neovlivněných zkušebních těles s ohledem na směr vláken povrchových dých



Obr. 51: Porovnání modulu pružnosti v tahu ovlivněných a neovlivněných zkušebních těles s příčným směrem vláken povrchových dýh

7. Závěr:

Překližované desky spadají do rozsáhlé kategorie materiálů na bázi dřeva. Rostoucí spotřeba dřeva ve stavebnictví je podmětem k vývoji nových speciálních stavebních materiálů s optimálními mechanicko-fyzikálními vlastnostmi. Významné pozornosti ve stavebnictví se dostává právě překližkám, které vznikají vzájemným slepením tenkých velkoplošných listů dřeva (dýh), přičemž směr vláken sousedních dýh musí být na sebe kolmý. Díky tomu jsou překližky méně anizotropní než dřevo a je zde sníženo bobtnání a sesychání. Tyto vlastnosti zajišťují dobrou pevnost ve všech geometrických směrech plošného materiálu i při poměrně malých tloušťkách desky.

Vhodnou aplikací překližek ve stavebnictví se jeví jejich použití jako bednicí plochy systémového bednění. Výhodou těchto bednicích sestav je jejich variabilita, opakovatelnost použití, rychlé a přesné spojování, tvarová přesnost a odolnost proti vodě. Míra ovlivnění mechanicko-fyzikálních vlastností překližky vlhkým prostředím a změnami teplot při zrání betonu se zjišťovala v experimentální části této bakalářské práce.

Experiment probíhal v souladu s příslušnými normami. Zkušební tělesa, nařezaná z překližované desky tloušťky 7 mm, složené z 5 na sebe kolmých vrstev dýh, byla po dobu 28 dní ovlivňována zvýšenou teplotou a vlhkostí. Nejdříve byla na 24 hodin ponořena do cementové suspenze a poté byla klimatizována po dobu 27 dní v klimatické komoře. Po klimatizaci se na zkušebních tělesech zjišťovala hustota dle ČSN EN 323 [3], pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu dle ČSN EN 310 [1] a pevnost v tahu a modul pružnosti v tahu dle ČSN EN 789 [6].

Výsledky jednotlivých zkoušek jsou zpracovány v předchozí kapitole do grafů a jsou porovnány s výsledky z experimentální části bakalářské práce Barbory Šlesaríkové [9], kde byla zkoušena stejná zkušební tělesa, která ale nebyla ovlivněna zvýšenou teplotou a vlhkostí.

Zkušební tělesa po klimatizaci mají vyšší hustotu a poněkud tmavší zbarvení. Je to nejspíš způsobeno vlivy působícími na materiál v průběhu klimatického cyklu. Některá zkušební tělesa určená k tahovým zkouškám měla tendenci se při klimatizaci samovolně ohýbat. Největší deformace byla zaznamenána při prvním týdnu klimatizace, kdy se tělesa nacházela v prostředí se 100 % relativní vlhkostí vzduchu a teplotou vzduchu 40°C. Postupně se teplota i vlhkost v klimatické komoře snižovala, a s tím se i narovnávaly zkušební vzorky.

Výsledky pevnosti v tahu a modulu pružnosti v tahu vycházely přibližně stejně u ovlivněných i neovlivněných těles. Důležitější jsou ale ohybové vlastnosti, které vykazovaly

značné rozdíly pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu mezi ovlivněnými a neovlivněnými vzorky. Úbytek pevnosti a modulu pružnosti ovlivněných těles je nejspíš způsoben hydrotermální degradací lepidla při klimatizaci.

Pro použití těchto překližek jako bednicí plochy systémového bednění by bylo nutné zvýšit odolnost proti vodě např. opláštěním fenolitickou fólií a přetřením hrany vodovzdorným nátěrem.

Překližovaná deska byla klasifikována podle ohybových vlastností dle ČSN EN 636 [5]. Pro výpočty a grafické znázornění byl použit program Microsoft Office Excel 2013.

Seznam použitých zdrojů:

Technické normy

- [1] ČSN EN 310 *Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu*. Praha: ČNI, 1995. 8s.
- [2] ČSN EN 322 *Dosky z dřeva. Zisťovanie vlhkosti*. Praha: ČNI, 1994. 7s.
- [3] ČSN EN 323 *Dosky z dřeva. Zisťovanie hustoty*. Praha: ČNI, 1994. 7s.
- [4] ČSN EN 326-1 *Desky ze dřeva – Odběr vzorků, nařezávání a kontrola – Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky*. Praha: ČNI, 1997. 14s.
- [5] ČSN EN 636 *Překližované desky – Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2013. 17s.
- [6] ČSN EN 789 *Dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Stanovení mechanických vlastností desek na bázi dřeva*. Praha: ČNI, 2005. 31s.
- [7] ČSN EN 325 *Desky na bázi dřeva - Stanovení rozměrů zkušebních těles*. Praha: ČNI, 2012. 12s.
- [8] ČSN EN 13986+A1 *Desky na bázi dřeva pro použití ve stavebnictví - Charakteristiky, hodnocení shody a označení*. Praha: ČNI, 2016. 64s.

Bakalářská práce

- [9] ŠLESARÍKOVÁ, B. *Vlastnosti kompozitních materiálů na bázi dřeva*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB-TUO, 2015. 96s.

Literatura

- [10] BÖHM, M., REISNER, J., BOMBA, J. *Materiály na bázi dřeva [online]*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 2013 [cit. 2016-02-17]. ISBN 978-80-213-2251-6.

Dostupné z: http://fld.czu.cz/~bohmm/materialy_na_bazi_dreva.pdf

- [11] KRÁL, P. a HRÁZSKÝ, J. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2005. 206 s. ISBN 80-715-7878-9.*
- [12] KRÁL, P. a HRÁZSKÝ, J. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály. Cvičení. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 2006. 167 s. ISBN 80-7157-934-3.*
- [13] MATOVIČ, A. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálu na bázi dřeva. Brno: MZLU, 1993. 212 s.*
- [15] SERGOVSKIJ, P.S. *Hydrotermická úprava a sušení dřeva. Alfa, Bratislava 1975*
- [16] SVOBODA, L. a kol. *Stavební hmoty. 2. vydání. Jaga group, s.r.o., Bratislava 2007. 400s. ISBN 978-80-8076-057-1*
- [17] ŽIDEK, L., MEC, P., BUJDOŠ D. *Diagnostika staveb – výukový materiál VŠB-TUO*

Internetové zdroje

- [18] http://www.drevoastavby.cz/images/stories/deskove_materialy.pdf
- [19] http://drevari.humlak.cz/data_web/Data_skola/HUdreva/5.pdf
- [20] <http://www.dyas.eu/produkty/>
- [21] http://stary.biom.cz/clen/jso/a_drevo.html
- [22] <http://www.drevostavitel.cz/clanek/tepelna-modifikace-dreva-1-dil>
- [23] <http://www.torapo.cz/cs/produkty/dyhy/termo-dyhy>
- [24] <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/systemove-bedneni-noe/>
- [25] <http://www.dyas.eu/produkty/dyas-film>
- [26] http://www.vizage.cz/files/KOMPOZITNI_MATERIALY_NA_BAZI_DREVA_WWW.pdf
- [27] <http://drevoprodej-kladno.cz/preklizky.html>
- [28] <http://www.fh-finnholz.com/en/produkte/kerto-furnierschichtholz.html?D=pure>
- [29] <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/neni-drevo-jako-drevo>
- [30] http://www.ageka.fr/agrand3/LVL_lamibois_kerto_Q_S.htm
- [31] <http://www.goodfellowinc.com/en/produit/microllam-lvl-2/>

- [32] <http://eshop.drevoma.sk/p/Latovka-konst-22x1250x2500mm--B-B-Jelsa-Breza>
- [33] <http://www.bydleni.cz/zprava/Jak-nenaletet-pri-nakupu-dveri>
- [34] <http://hgfl0.vsb.cz/546/VHZ1/vyuka/hmoty/prisady.html>
- [35] <http://www.strozatech.cz/reference>
- [36] http://www.dardyha.cz/dyhy_sesazenky/O-firme/Technologicke-vybaveni/Pricne-sesazovani
- [37] <http://www.plywoodmachine.com.tw/category/plywood-machine.htm>
- [38] <https://eluc.kr-olomoucky.cz/terms/148>
- [39] <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/stavebni-chemie/2488-drevostavba-a-jeji-lepidla>
- [40] <http://www.gunnersens.com.au/press-releases/what-is-structural-plywood-what-are-its-uses.html>
- [41] <http://www.wotanforest.cz/plosne-materialy/obchod-a-vyroba/preklizky>
- [42] <http://www.layers-of-learning.com/real-wood-floors-made-from-plywood/>
- [43] <http://www.diffen.com/difference/Image:plywood-construction.jpg>